

Diagramme im Unterricht

Explorative Studien zum Lesen von statistischen
Repräsentationen im Biologieunterricht

Von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg
zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Philosophie (Dr. phil.)
genehmigte Dissertation von

Christine Plicht

aus

Hermeskeil

2018

Erstgutachter:	Prof. Dr. Markus Vogel
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Christoph Randler
Fach:	Mathematik
Tag der Mündlichen Prüfung:	02. Mai 2018

Danksagung

Diese Arbeit hat einen längeren Weg hinter sich und auf den verschiedenen Abschnitten oder über die gesamten Strecke hinweg, haben mich diverse Menschen begleitet und unterstützt. Namentlich werde ich nicht jeden Einzelnen erwähnen können, aber ich hoffe die entsprechenden Personen finden sich in diesen Zeilen wieder.

Der erste Dank gilt meinen beiden Betreuern, Prof. Dr. Markus Vogel und Prof. Dr. Christoph Randler, die dieses Projekt ins Leben gerufen haben und mich in die Welt des wissenschaftlichen Arbeitens eingeführt und begleitet haben. Sie waren mir wichtige Wegweiser und treue Weggefährten.

Auf dem ersten Teil des Weges an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg waren die Kolleginnen und Kollegen des Fachbereiches Mathematik immer mit offenen Türen und offenen Ohren für mich da, um meine Ideen durchzusprechen oder mir Anregungen für meine Arbeit zu geben. Besonders möchte ich Anne Schneider für ihre herzliche und wertschätzende Art in allen Situationen danken. Kurzfristige und schnelle Hilfe erhielt ich stets im Sekretariat bei Probleme mit der IT bei IFD/I, die ich in dieser Danksagung nicht vergessen möchte.

Einen weiteren Dank für den wissenschaftlichen Austausch in Form von Brainstorming, konstruktiver Kritik, konkreter Hilfe, Verständnis sowie gemeinsame Arbeitsphasen auf dem Weg gilt den Doktorandinnen und Doktoranden in meinem näheren und weiteren Umfeld, mit denen ich ein Stück gemeinsam gegangen bin. Besonders hervorzuheben ist Katrin Fürst, die mir besonders auf dem letzten Weg eine treue Begleiterin war und mir die nötige Unterstützung gegeben hat ans Ziel zu gelangen. Jenseits des wissenschaftlichen Weges möchte ich mich bei meinem Freundeskreis bedanken, in dem mich jeder mit besonderer Stärke, mich unterstützt hat - außerordentlich möchte ich Melanie Dochow für ihre unermüdliche Suche nach Fehlern in der Arbeit danken.

Besonders dankbar bin ich ebenfalls meinen Eltern für ihre Geduld und ihr Verständnis, die sie mir in dieser Zeit als stille Wegbegleiter auf diesen fremden Pfaden entgegengebracht haben.

Der abschließende Dank gilt auch den vielen Schülerinnen und Schüler sowie ihren Lehrerinnen und Lehrern, durch deren Partizipation das Forschungsvorhaben erst gelingen konnte.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
1 Einleitung	5
2 Theorie	8
2.1 Statistische Repräsentationen im Forschungskontext	8
2.2 Semiotik	9
2.2.1 Der Zeichenprozess	10
2.2.2 Diagrammatic Reasoning	12
2.3 Statistical literacy	14
2.3.1 Ein Modell zum Lesen von Daten	18
2.4 Diagrammkompetenzen	19
2.5 Die Rolle des Kontextes	22
2.6 Zusammenfassung und Konsequenzen für die Arbeit	23
2.6.1 Diagramme als visuelle Darstellungen von statistischen Zu- sammenhängen	23
2.6.2 Wahl der Biologie als Anwendungsgebiet	24
2.7 Ausblick auf das methodische Vorgehen	25
3 Das Forschungsdesign	26
3.1 Forschungsinteresse und methodisches Vorgehen	26
3.2 Die methodischen Ansätze	29
4 Klassifikation von Diagrammen in Schulbüchern	31
4.1 Bisherige Einordnungen	32
4.2 Ergänzende Forschungsfragen	33
4.3 Methode	34
4.3.1 Auswahl des Datenmaterials	34
4.3.2 Verifizierung durch Studierende	35
4.4 Die Klassifikation	36
4.4.1 Begriffsdefinitionen	36
4.4.2 Die Klassifikation	37

4.5	Diskussion der Ergebnisse	43
4.5.1	Zu den Klassen	43
4.5.2	Diskussion	44
4.6	Zwischenfazit	48
4.6.1	Zur Beantwortung der Forschungsfragen	48
4.6.2	Ausblick im Rahmen dieser Arbeit	49
5	Qualitative Interviewstudie	50
5.1	Theoretische Vorüberlegungen	51
5.1.1	Das Lesen von Diagrammen als Forschungsgegenstand	51
5.1.2	Das Interview in der mathematikdidaktischen Forschung	53
5.2	Zur Forschungsfrage	54
5.3	Methode	54
5.3.1	Auswahl der Stichprobe und Erhebungszeitraum	55
5.3.2	Der Interviewleitfaden	56
5.3.3	Exemplarisches Diagramm	58
5.4	Auswertungsphase	60
5.4.1	Analyse mit der Grounded Theory Methodology	60
5.4.2	Die weitere Felderhebung	62
5.5	Ergebnisse	65
5.5.1	Kategorienfindung	65
5.5.2	Hauptkategorien	66
5.5.3	Das Kategoriensystem in einen konzeptionellen Zusammenhang	70
5.6	Diskussion	72
5.6.1	Zusammenhang der Kategorien mit bestehenden Theorien	72
5.6.2	Daraus abgeleitete Thesen	73
5.6.3	Bezug zum Unterricht	74
5.7	Zusammenfassung	75
6	Interventionsstudie	76
6.1	Vorwissen als Prädiktor beim Wissenserwerb	77
6.2	Forschungsfragen	80
6.3	Unterrichtsthema des Treatments	80
6.3.1	Das Thema „Vogelflug und Vogelzug“ im Unterricht der Studie	81
6.3.2	Diagramme im Unterricht	84
6.4	Methodische Vorüberlegungen zum Design der Studie	85
6.4.1	Quasi-Experimentelles Untersuchungsdesign	86
6.4.2	Zur Variation der Variablen	87

6.4.3	Daraus resultierende Untersuchungsthesen	89
6.5	Durchführung und Testung	90
6.5.1	Stichprobe	90
6.5.2	Zeitplan und Untersuchungsdesign	91
6.5.3	Testinstrumente	92
6.5.4	Durchführung des Treatments	94
6.6	Analyse	95
6.6.1	Datenaufbereitung	95
6.6.2	Testkodierung	96
6.6.3	Mehrfaktorielle Varianzanalyse	96
6.6.4	Reliabilitätsanalyse	99
6.7	Ergebnisse	100
6.7.1	Deskriptive Statistik	100
6.7.2	Haupt- oder Interaktionseffekte und Analyse der Kovariaten .	101
6.8	Zusammenfassung	104
6.9	Diskussion	105
6.10	Grenzen der Studie	107
6.11	Ausblick	108
7	Diskussion	111
7.1	Zusammenfassung	111
7.2	Anpassung des didaktischen Dreieckes anhand der Ergebnisse	114
7.3	Folgen und Relevanz der Arbeit	116
7.3.1	Schulpraktische Relevanz	116
7.3.2	Wissenschaftliche Relevanz	118
7.4	Reflexion des Methodenwechsels	120
7.5	Grenzen der Arbeit	122
8	Schlusswort	124
	Literaturverzeichnis	125
A	Anhang	136

Working with data is an art as well as a science. (Moore, 1998)

1 Einleitung

In vielen alltäglichen Situationen betrachten und interpretieren wir Zahlen oder Daten; sei es in einem Artikel, in einer Zeitung, online oder gedruckt, in einer Sendung oder auf Plakaten. Zentral ist bei der Betrachtung die damit verbundene Informationsentnahme - eine Botschaft, die der Urheber hatte und mit den Zahlen und Daten wiedergeben will. Die im Alltag dargestellten Zahlen und Daten dienen hauptsächlich der Veranschaulichung von bereits verarbeiteten Informationen. Diese müssen nicht durch eine Rechnung weiter verarbeitet werden, sondern stehen durch den statistischen Zusammenhang für sich selbst.

Gerade durch diese alltägliche Präsenz von Zahlen und Daten sind Datenlesen und diese kritisch betrachten Kompetenzen, die unumstritten für jeden mündigen Bürger und jede mündige Bürgerin auch nach ihrer Schullaufbahn notwendig sind (Wallman, 1993). Aufbereitete statistische Daten werden dem Adressaten meist durch ein hilfreiches und leicht verständliches Instrument angeboten: einer grafischen Darstellung, in Form von Diagrammen oder Tabellen. Durch diese Aufbereitung sind keine oder nur noch wenige algebraische oder auch statistische Kompetenzen notwendig, um einen Überblick über die Daten zu erhalten. Die Erhebung und Auswertung ist der Darstellung vorangestellt und dem Adressaten werden „nur noch“ die Ergebnisse präsentiert.

Diagramme sind also ein Schlüssel, um Daten zu lesen und interpretieren, ohne die Statistik dahinter kennen zu müssen. Deswegen sind sie gut geeignet, um Interessierten oder Laien das zu präsentieren, was zuvor in vielen Arbeitsschritten erarbeitet wurde und nun auf einen Blick darstellbar.

Methoden zu beherrschen, um Daten und Diagramme zu erfassen und zu interpretieren sind Teil der curricularen Vorgaben der Schule und werden dort gelehrt. Dabei werden im Mathematikunterricht auf syntaktische Voraussetzungen, wie die Bestandteile und auch Konstruktion, eingegangen, aber auch in anderen Fächern werden Diagramme als Instrument zur Visualisierung von Daten und kontextabhängigen Zusammenhängen genutzt. Durch den jeweiligen Kontext ist der Anwendungszweck von Diagrammen meist offensichtlich und die Bedeutung des Lernzuwachses durch Diagrammen für Schülerinnen und Schüler leicht nachvollziehbar. Die allseits bekann-

te Frage nach dem Zweck des Gelernten ist bei dieser Thematik weniger präsent als beispielsweise bei komplexeren algebraischen Inhalten, da auch in außerschulischen Lebenslagen dieselben Konzepte genutzt werden. Die Methoden der Mathematik finden hier über den Bereich der Statistik eine direkte Anwendung und sind somit auch ein fächerübergreifendes Mittel Inhalte und Kompetenzen zu vermitteln.

Die vorliegende Arbeit bedient sich dieses interdisziplinären Ansatzes und fokussiert sich auf das Phänomen Diagrammlesen in einem Unterrichtskontext von Mathematik und einem gewählten Anwendungsgebiet, der Biologie.

Kognitiven Aktivierung kann im Mathematikunterricht über verschiedene Facetten geschehen (Leuders & Holzäpfel, 2011) und Motivation für die Mathematik kann durch anwendungsbezogene Aufgaben erzeugt werden (Greefrath, Kaiser, Blum & Borromeo Ferri, 2013). Persönlich hat das Mathematikstudium an der Universität mir die Faszination von Mathematik ohne Anwendung gelehrt, sowie die Mathematik in ihrer Reinheit ohne eine praktische Notwendigkeit begeistert (vgl. De Lange, 1996). Dennoch ist Motivation vielschichtig und gerade in der Schule die Einsicht der Notwendigkeit von Mathematik für das alltägliche Leben der Lernenden notwendig, um ihre Motivation zu stärken. Didaktische Forschung schöpft ihre Daseinsberechtigung stark aus dem Praxisbezug, dem Lernen von Mathematik, und das Forschungsziel ist nicht rein epistemologisch. Ebenso ist der Forschungsgegenstand so komplex, dass er von unterschiedlichen Perspektiven und Methoden betrachtet werden kann. Die Komplexität des Lernens wird durch die Pluralität der Fächer in der Schule noch deutlicher und auch das zeigt sich im Forschungsgegenstand Diagrammlesen.

Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist ein Beitrag zur fachdidaktischen Forschung in aktuellen, realitätsnahen Lernumgebungen der Schülerinnen und Schüler. Das bedeutet, dass die nachfolgenden Untersuchungen jeweils einen konkreten Praxisbezug haben; entweder das Material ist aus Büchern entnommen, die im Unterricht eingesetzt werden oder die Erhebung ist Teil des Unterrichts selbst. Dazu wurden drei verschiedene, aber dennoch aufeinander aufbauende Studien durchgeführt.

Kapitel 2 beschreibt zunächst die dafür notwendigen theoretischen Grundlagen zu statistischen Repräsentationen und der zugrundelegenden Semiotik. Dabei wird das Thema eingegrenzt auf Diagramme im Unterricht und die semiotischen Konzepte vorgestellt, die im Laufe der Arbeit von Bedeutung sind. Zu beachten ist, dass diese theoretische Fundierung nur einen Überblick über das Gesamtthema geben soll, jedoch in den einzelnen Kapiteln der Arbeit eine spezifische Auseinandersetzung mit

der theoretischen Fundierung der jeweiligen Studie geschieht.

Ein Überblick über das daraus resultierende Forschungsdesign und damit das Gesamtkonzept mit Analysen der Arbeit wird in Kapitel 3 vorgestellt, bevor Kapitel 4, 5 und 6 die empirischen Teile der Arbeit darstellen, in denen die Studien jeweils beschrieben und diskutiert werden. Im Anschluss an diesen empirischen Teile wird in Kapitel 7 *Diskussion* eine abschließende und verknüpfende Sichtweise auf die Forschungsteile gegeben und die Arbeit in ihrer Gesamtheit diskutiert und die Grenzen der Ergebnisse reflektiert.

2 Theorie

Graphs work well because human are very good on seeing things. (Wainer, 1992, S.15)

2.1 Statistische Repräsentationen im Forschungskontext

Bei statistische Repräsentationen als Forschungsgebiet bedarf es der Betrachtung von angrenzenden Gebieten, um einen fundierten theoretischen Rahmen als Grundlage für die vorliegende Arbeit zu erschließen. Davon ausgehend wird der Begriff der statistischen Repräsentationen eingegrenzt, wodurch die Schwerpunkte der Arbeit verdeutlicht werden.

Statistische Repräsentationen als externe Darstellungsformen dienen zur Wissensvermittlung in einer Lernumgebung. Dabei sind zwei Aspekte des Mediums zu unterscheiden, an denen die Zusammenstellung des Theorierahmens deutlich wird. Statistische **Repräsentationen** als *Darstellungsform*, deren Produzieren und Interpretieren in verschiedenen Lernumgebungen zu den zentralen Kulturtechniken gehört (Ballstaedt, 1997, S. 11) und **statistische** Repräsentationen Darstellungen mit einem statistischen, also *datenspezifischen* Kontext. Nach Kroepfl, Peschek und Schneider (2000) zählt die graphische Darstellung von Daten zu den zentralen Tätigkeiten der beschreibenden Statistik und „zielen darauf ab, einen raschen Überblick zu ermöglichen, Größenverhältnisse und Muster rasch zu erkennen“ (Kroepfl et al., 2000, S. 29). Dabei kann das zu übermittelnde Wissen über Darstellungsformen „ohne Anwesenheit eines Experten weitergegeben“ (Ballstaedt, 1997, S. 5) werden. Dies kann zu einer selbstständigen Erarbeitung und Wissensvermittlung führen, sofern der Einsatz des Mediums angemessen ist.

Aufgrund dieser Einschränkung gibt es zwei Bereiche die als Theoriegrundlage besonders beachtet werden müssen: Theorien über Repräsentationen, in diesem Fall Diagramme, sowie Erkenntnisse über den Umgang mit Daten allgemein. Ersteres ist eng verknüpft mit der Wissenschaft der Zeichen: die Semiotik. Bezüglich des

Umgangs mit Daten wird sich die Arbeit auf Erkenntnisse zur Lesekompetenz von Daten aus dem Bereich der „statistic literacy“ konzentrieren.

Im Anschluss des Überblicks über diese Theorien, soll verständlich gemacht werden, wie der Begriff *Diagramm* im Kontext dieser Arbeit zu verstehen ist und die damit zusammenhängenden bedeutenden Theorien erläutert werden, die im weiteren Verlauf der Arbeit als theoretische Grundlage benutzt werden.

2.2 Semiotik

Jede Wissenschaft verwendet eine eigene Sprache, die mit verbalen und schriftlichen Ausdrucksformen auf die Gegebenheiten dieser Wissenschaft angepasst ist. Die Sprache der Mathematik beruht auf Zeichen und Darstellungen. Um die Verwendung der Zeichen und Darstellungen genauer untersuchen zu können, ist es notwendig die Grundlagen der Zeichen zu erforschen. Die erforderlichen Erkenntnisse hierzu liefert die Semiotik als Wissenschaft der Zeichentheorie. Hierzu wurde in der Vergangenheit überwiegend die Semiotik von Charles Sanders Peirce als Grundlage genommen (Hoffmann, 2005; Schnotz, 2001; Bakker & Hoffmann, 2005). Peirce ist Mitbegründer des Pragmatismus. Die zentralen Aspekte seiner Semiotik, die auch für die Didaktik der Mathematik von Bedeutung sind, sind zum einen die Kategorisierung der Zeichen und zum anderen die Relationen, in denen ein Zeichen innerhalb des Zeichenprozesses steht. Ein weiterer wichtiger Vertreter der modernen Semiotik, der allerdings einen stärkeren behavioristischen Ansatz wählt, ist Charles William Morris (Morris, 1988). Seine semiotischen Überlegungen knüpfen an die von Peirce an. Morris erweitert die Ansätze von Peirce um einen weiteren bedeutenden Aspekt, die Unterscheidung der *syntaktischen*, *semantischen* und *pragmatischen* Ebene innerhalb des Zeichenprozesses. Vereinfacht betrachtet besteht ein Zeichenprozess aus dem Zeichen, dem Objekt oder dem Sachverhalt auf den verwiesen wird und dem Interpretieren. Betrachtet man nun die Relationen unter diesen Faktoren ergeben sich nach Morris folgende Dimensionen: die semantische Dimension zwischen dem Zeichen und dem Objekt, die syntaktische Dimension eines Zeichens zu einem anderen und die pragmatische Dimension des Zeichens und seinem Interpretieren.

Im Gegensatz zu anderen Semiotikern, wie dem Linguisten Ferdinand de Saussure, werden Zeichen von diesen Pragmatikern in einer Handlung gesehen und nicht für sich betrachtet (Trabant, 1976, S. 36ff). Der Pragmatismus bestimmt die Dinge aufgrund ihrer Wirkung und den Konsequenzen. Morris erweitert den Pragmatismus um eine behavioristische Komponente. Dabei nimmt er eine beobachtende Haltung

ein, um Untersuchungen vorzunehmen und lehnt introspektivische Methoden ab. Er untersucht demnach das Zeichen über dessen Verwendung im Handeln und betrachtet dabei die Wirkung in dem Zeichenprozess, anstatt das Sein des Zeichens an sich zu betrachten. Charakterisiert man die Zeichen bezüglich ihrer repräsentierten Objekte, so unterscheidet die Peirce'sche Semiotik Zeichen zwischen *Ikon*, *Symbol* und *Index*. Diese Begriffe verwendet ebenfalls Schnotz um Diagramme zu klassifizieren (Schnotz, 2001, S. 296ff). Dabei bezeichnet ein Index ein Zeichen, das auf ein bestimmtes reales Objekt verweist, wie ein Wegweiser, der auf einen bestimmten Ort hinweist oder der Eigenname, der eine bestimmte Person bezeichnet. Ikonische Zeichen sind Zeichen, die eine Ähnlichkeit mit ihrem repräsentierten Objekt haben. Die Gestalt des Zeichens wird also durch das Objekt bestimmt und es besteht eine Ähnlichkeitsbeziehung zwischen ihnen. Fotografien, realistische Bilder oder Muster fallen unter diese Kategorie. Dahingegen haben Symbole eine rein konventionelle Beziehung zu ihren Repräsentanten. Peirce versteht unter Symbolen verbale oder geschriebene Wörter, Sätze oder beispielsweise auch Zeichen wie π (Bentele & Bystrina, 1978, S. 23). Damit unterscheiden sich Symbole im Peirce'schen Sinne von den Symbolen im umgangssprachlichen Gebrauch als Sinnbild, in dem z.B. eine Taube ein Symbol für Frieden ist.

Verallgemeinert man die Definition der ikonischen Zeichen, sodass auch Analogien als Ähnlichkeiten gelten, so fallen nach Schnotz (2001, S. 296) Diagramme ebenfalls unter ikonische Zeichen aufgrund ihrer Strukturgemeinsamkeiten. Auch wenn Diagramme keine direkte Ähnlichkeit mit den dargestellten Objekten haben, so besitzen sie durch abstrakte strukturelle Gemeinsamkeiten zum repräsentieren Sachverhalt eine Analogierelation. Zur Interpretation reicht jedoch nicht mehr, wie bei realistischen Bildern, ein kognitives Schema der alltäglichen Wahrnehmung aus, sondern es ist eine Kulturtechnik notwendig, die erlernt werden muss, um das Diagramm zu lesen (Schnotz, 2002).

2.2.1 Der Zeichenprozess

Ein Zeichen steht nicht für sich, sondern ist eingebettet in einen Zeichenprozess, der aus verschiedenen Komponenten besteht und erst damit wird ein Diagramm als solches zum Zeichen. Das Diagramm selbst ist Repräsentamen (Hoffmann, 2005). Erst bei der Verwendung eines Diagramms kann es als Zeichen gesehen werden, weil es damit insgesamt in einem Zeichenprozess steht, an dem nicht nur das Diagramm an sich beteiligt ist.

Die Schülerinnen und Schüler sind bei der Verwendung von Diagrammen die Adressaten und damit die Interpreten. Sie verstehen das Diagramm (das Repräsentamen in

Peirceschen Sinne) als Verweis auf einen biologischen Sachinhalt (der bezeichnende Sachinhalt des Diagrammes), in diesem Kontext immer ein biologischer Sachinhalt (Interpretatam). Die Relationen dieser Komponenten geschehen in einem Setting, dem Unterricht, mit der Lehrkraft als Referenten.

Der Zeichenprozess, so wie er beschrieben ist, soll untersucht werden, nicht nur die Diagramme an sich. Denn bei dieser Arbeit geht es um den Gebrauch von Diagrammen und die stehen immer in einem Verweisungszusammenhang (Heidegger, 2006), der aus Adressaten, Setting und Objekt besteht. Um Beziehungen einzelner Komponenten des Zeichenprozesses untereinander zu beschreiben und zu untersuchen unterscheidet Morris drei Dimensionen: Syntaktik, Semantik und Pragmatik. *Syntaktik* umfasst Regeln von Zeichen untereinander. Diagramme bestehen aus vielen Zeichen. Punkte, Zahlen, Achsen, Beschriftung sind alle Zeichen in einem Diagramm. Sie verweisen alle auf etwas und das Zusammenspiel unterliegt Regeln oder Konventionen. Mithilfe der Syntaktik kann das Diagramm an sich untersucht werden. Eine systematische Analyse speziell der Diagramme, die einen biologischen Sachinhalt repräsentieren, bildet die Grundlage für die Untersuchung der Verwendung von Diagrammen im Unterricht. *Semantik* befasst sich mit der Bedeutung von Zeichen. Im Falle des Diagramms ist der Bezug zu seinem zu verweisenden Objekt (bei Morris Designaten) gemeint, also zum Sachverhalt den es darstellt. Dies ist abhängig von der Einbettung durch den Referenten, der es vorgibt. Die Semantik gibt Regeln an, die „die Bedingungen angeben, unter denen ein Zeichen auf einen Gegenstand oder Sachverhalt anwendbar ist“ (Morris, 1988, S. 44): Das Zusammenspiel von Kontext, Diagramm und deren Verhältnis zueinander wird bedeutend. Die Wechselwirkung dieser beiden Faktoren ist demnach relevant. Die Regeln der Semantik finden wiederum Anwendung in der Syntaktik und sind damit auch für das Erstellen des Diagrammes bedeutend. Unter *Pragmatik* im semiotischen Sinne, versteht Morris die Beziehung des Zeichens zu seinem Benutzer, dem Interpreten, und beschäftigt sie sich mit „den lebensbezogenen Aspekten der Semiose, d.h. mit allen psychologischen, biologischen und soziologischen Phänomenen, die im Zeichenprozeß auftauchen“ (Morris, 1988, S. 52). Die Pragmatik gibt dabei Regeln der Bedingungen vor, „die der Interpret erfüllen muss, um einen Zeichenträger als Zeichen von etwas verstehen zu können“ (Morris, 1988, S. 59). Durch Bedingungen oder auch Regeln der Diagramme entsteht für den Interpreten eine „diagrammatischen Realität“ (Kadunz, 2015, S. 23) bei dem das Zeichen eine eindeutige Verwendung zu einem Objekt hat. Diese Verwendung wird über Regeln festgelegt. Durch die Veränderung von Regeln und damit der „Änderung der Verwendung ergeben sich andere Diagramme“ (Kadunz, 2015, S. 21).

Für den Unterricht stellt sich damit die Frage, die ebenso die drei Dimensionen Syntaktik, Semantik und Pragmatik betrifft: Was brauchen Kinder, um Diagramme adäquat lesen zu können? Gerade die letzte Dimension muss bei der Untersuchung der Verwendung von Diagrammen im Unterrichtskontext genauer betrachtet werden, da sie den subjektiven Charakter des Zeichenbenutzers berücksichtigt (Trabant, 1976, S. 47). Dies spielt dann eine entscheidende Rolle, wenn der Kontext in dem die Zeichen stehen für die Interpretation wichtig ist und das Diagramm zur Erkenntnisgewinnung verwendet wird (Hoffmann, 2005). Die Pragmatik ist also nicht losgelöst von Semantik und Syntaktik.

2.2.2 Diagrammatic Reasoning

Was die beiden Themenbereiche Semiotik und Mathematikdidaktik verknüpft, ist die Frage nach der Entstehung von neuem Wissen (Kadunz, 2006, S. 225). Dazu dienen in der Semiotik und der Mathematik Diagramme, die Relationen darstellen und es mit Hilfe des diagrammatischen Schließens erlauben neue Erkenntnisse zu gewinnen oder auch Beweise zu führen. „When successfully used, the validity of a proof can be ‚seen‘ in the diagram rather than justified as a step-by-step application of formal rules.“ (Barker-Plummer & Bailin, 2002, S. 339) Diagramme werden genutzt, um Relationen darzustellen, die in Bezug auf ein Regelwerk zu deuten sind, so Kadunz (2006). Der Begriff Diagramm ist dabei sehr weit gefasst und im Englischen bezieht sich *diagram* insgesamt stärker auf eine ikonische Darstellung von (mathematischen) Sachverhalten (Fischer, 2011), als auf die Visualisierung von Daten. Anderson und McCartney (2003, S. 184) beschreiben „diagrammatic information as two-dimensional, analogically-represented abstractions such as maps, cartograms, and charts (versus photographs or X-ray images).“ Die Begriffe *graphs* und *diagram* sind nah beieinander, sodass in der Arbeit auf beide Arten der Visualisierung eingegangen wird und der Begriff *diagram* als Oberbegriff zu verstehen ist, wobei *graphs* und *bar charts* datenbasierte Diagramme darstellen.

In der Forschung wird mit dem Begriff *diagrammatic reasoning* (dt: *diagrammatisches Schließen* oder *Denken*) diese Deutung und der damit zusammenhängende Prozess bezeichnet. Was hinter diesem Prinzip des Wissenserwerbs steckt, wird neben der Didaktik auch in der Informatik, speziell im Bereich der Künstlichen Intelligenz, erforscht (Anderson & McCartney, 2003). Die Unterschiede in den beiden Bereichen sind durch ihre Tradition offensichtlich: Bei den Bereichen der Didaktik in der Tradition von Ch. S. Peirce wird der Lernende in den Vordergrund gestellt und betrachtet, der mit Hilfe von Diagrammen neue Erkenntnisse erhält; wohingegen

die Künstliche Intelligenz Diagramme weiter fasst und versucht die Verarbeitung von Diagrammen in einem deterministischen System zu verstehen. Dennoch wird in beiden Bereichen durch das Konzept des diagrammatischen Schließens oder auch *diagrammatic reasoning* deutlich, wofür und wie Diagramme zur Visualisieren beim Begründen und Argumentieren mathematischer Inhalte und Konzepte eingesetzt werden können. Bei den Diagrammen steht der relationale Charakter im Vordergrund (Dörfler, 2006, S. 210), in einem Darstellungssystem und durch das Transformieren der Problemstellung in ein Diagramm kann neues Wissen entstehen. Dabei wird auch die Bedeutung der Semiotik für die Mathematikdidaktik offensichtlich. Michael H. G. Hoffmann führt diese beiden Gebiete mit seinen Arbeiten zur Peirce'schen Semiotik bezogen auf die Mathematikdidaktik zusammen und diskutiert den Erkenntnisgewinn durch Diagramme (Hoffmann, 2005). Die Arbeiten zum *diagrammatic reasoning* sind weit gefasst und beziehen sich auf verschiedene Gebiete der Mathematik allgemein, wobei kein abgrenzender Begriff des Diagrammes verwendet wird.

In Bezug auf Daten lesen verdeutlichen Bakker und Hoffmann (2005) Bestandteile des Arbeitens mit Diagrammen. Es zeigen sich drei Schritte bei der Anwendung von Diagrammen zum Erkenntnisgewinn: diese erstellen, damit experimentieren und die Ergebnisse reflektieren. Dabei wird die Verknüpfung von Zeichen und Daten explizit: „This kind of diagrammatic reasoning has been a basis for the students to think about some essential aspects of statistical representations. By interpreting signs in a kind of 'interpreting game' (Sáenz-Ludow, 2003), by communicating about these signs, and by producing new signs, the students had an opportunity to learn statistical concepts“ (Bakker & Hoffmann, 2005, S. 346f). Statistische Konzepte werden durch Repräsentationen sowohl erarbeitet, wieder reflektiert als auch mit ihnen argumentiert. Diese Herangehensweise findet sich auch im *Interrogative Cycle* bei Wild und Pfannkuch (1999) wieder. Damit sind Diagramme ein Instrument, um Daten im Sinne der *statistic literacy* zu erfassen und damit zu arbeiten. Die Arbeit mit Diagrammen kann also auch speziell auf den Bereich Daten und Statistik eingegrenzt werden. Bei dieser Einschränkung ist jedoch eine Auseinandersetzung mit den Begrifflichkeiten dieses Gebietes und den speziellen Anforderungen beim Erkenntnisgewinn im Kontext des Arbeitens mit Daten notwendig. Einige fundamentale Theorien, die für die weitere Arbeit von Bedeutung sind, werden im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt. Dabei werden zunächst allgemeine Konzepte zum Lesen von Daten erläutert bevor vertiefendere Arbeiten, die sich konkreter mit Diagrammen befassen und bei denen der Kontext des Gebietes eingegrenzt wird, aufgezeigt werden.

2.3 Statistical literacy

Nach den semiotischen Grundlagen wird im Folgenden auf Komponenten aus der Statistik mit ihren Begrifflichkeiten und Modelle zum Leseverständnis von Daten und Diagrammen eingegangen und diese erläutert. Dabei soll deutlich werden, warum eine für sich betrachtete Diagrammkompetenz zwar notwendig ist, aber nicht ausreichend, sondern erst eine weitergehende Analyse die Problematik im Ganzen erfasst.

Die Kultusministerkonferenz legte fest: „Eines der obersten Ziele schulischer Bildung überhaupt ist es, junge Menschen zu befähigen, sich in der modernen Gesellschaft zu orientieren und politische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Fragen und Probleme kompetent zu beurteilen.“¹ Damit sollen Schülerinnen und Schüler zu demokratischen Bürgern erzogen werden, die in der Lage sind sich in der Gesellschaft einzubringen. Dafür ist es notwendig alltägliche Informationen zu verstehen und kritisch zu hinterfragen. Eine notwendige, aber oft eher vernachlässigte Fähigkeit um informierter Bürgerinnen und Bürger, sowie Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wird im englischsprachigen Raum als *statistical literacy*² bezeichnet (Gal, 2002, S. 1). Somit sollte es auch Aufgabe der Schule sein Schüler und Schülerinnen zu mündigen Menschen zu erziehen, die in der Lage sind mit statistischen Daten umzugehen und relevante Informationen zu verarbeiten. Neben dem Begriff *statistical literacy* und dessen Explikation werden weitere, teils konkretere Begriffe angeführt, die den komplexen Umgang mit Daten beschreiben. Allerdings ist zu beachten, dass diese Begriffe teils synonym verwendet werden und trennscharfe Definitionen nicht immer gegeben sind. Dennoch werden im Folgenden einige zentrale Begriffe und Modelle erläutert, die ausgehend von dem Oberbegriff *statistical literacy* auf den konkreteren Umgang von Darstellung von Daten eingehen.

David S. Moore als damaliger Präsident der American Statistical Association, setzt sich mit einer Ansprache genauer damit auseinander, was statistische Denkweisen ausmacht und beschreibt, warum diese Fähigkeiten nie vollständig von einem Computer übernommen werden können (Moore, 1998). Er versteht *statistical thinking* (ohne den Begriff klar von *statistical literacy* abzugrenzen) als eine freie Kunst, bei der es erforderlich ist flexibel zu argumentieren und zu begründen. Er macht deutlich, dass bei statistischen Problemlösen und Beschreibungen mehr dahinter steckt als

¹KMK zur Demokratieerziehung: <http://www.kmk.org/bildung-schule/allgemeine-bildung/faecher-und-unterrichtsinhalte/weitere-unterrichtsinhalte/demokratieerziehung.html> Abgerufen am 18.02.2015

²Um doppelte Wortbelegungen bei einer Übersetzung des Begriffes *statistical literacy* ins Deutsche zu vermeiden, wird der Begriff in dieser Arbeit in seiner ursprünglichen Englischen Sprache belassen.

statistische Methoden anzuwenden, sondern dass die Diskussion und Ideen zum Problem im Vordergrund stehen sollte. Er kritisiert, dass zu viel gerechnet wird, statt mehr Zeit zur Diskussion zu verwenden. Denkt man seine Argumentation weiter, macht es gerade der Vergleich der Statistik mit einer Kunst und der Notwendigkeit zur Diskussion über Daten deutlich, dass es keine eindeutige Interpretation von (der Darstellung) von Daten gibt, sondern, dass das Interpretieren eine subjektive Tätigkeit ist, hinter der sich mehr verbirgt als die reine Anwendung von gelernten Prinzipien. Damit stellt sich die Frage, was hinter dieser Denkweise, dem Anwenden von statistischen Fähigkeiten zur Interpretation von Diagrammen steckt, um diese verbessern zu können. Es ist nicht nur die Anwendung von klaren Regeln und Strukturen, sondern statistisches Denken zeigt sich darüber hinaus als Kunst, deren genaue Prinzipien noch zu identifizieren sind.

Weitere Arbeiten im Bereich der *statistic literacy* versuchen gerade diese Prinzipien aufzudecken und konzentrieren sich darauf, was bei dieser Kunst im Umgang mit Daten passiert. Wild und Pfannkuch (1999) verknüpfen die Gebiete Fachwissenschaft und Didaktik der Statistik miteinander und verdeutlichen die Beziehung zwischen Statistik und dem Kontext der Daten. Sie beschreiben Denkweisen und Prozesse beim Bearbeiten von statistischen Problemen bzw. *statistical thinking* allgemein über ein mehrdimensionales Modell, bestehend aus vier, zum Teil zirkulären Phasen: das Problem und die Daten werden in einem *Investgative Circle* untersucht; weiter kategorisieren die Autoren Strategien über Variationsaspekte (*types of thinking: problem, plan, data, analysis, conclusion*). Im *Interrogative Circle* (*generate, seek, interpret, criticise, judge*) werden Ideen und Informationen überprüft und zusammengeführt. Als vierte Dimension werden individuelle, persönliche Eigenschaften, wie Neugierde, Vorstellungsvermögen, logisches Denken und Zweifeln aufgezeigt, die auf das Denken über Statistik einwirken oder es sogar initiieren. Abschließend diskutieren die Autoren über die Anwendbarkeit des Modells auf andere spezifischere Gebiete und erkennen die Notwendigkeit an das Modell in Anwendungsgebieten der Statistik weiter zu erforschen (Wild & Pfannkuch, 1999, S. 246).

Über die Voraussetzungen und Fähigkeiten, die ein Erwachsener als Datenkonsument braucht, um Daten im Sinne von Wild und Pfannkuch (1999) zu lesen und zu begreifen, unterscheidet Gal (2002) wissensbasierte („knowlegde elements“) und individuelle Komponenten („dispositional elements“) wie kritische Haltungen, Überzeugungen und Einstellung (vgl. Abbildung 2.1). Nach dem Autor sind dies Voraussetzungen, die einem erwachsenen Mensch zur Verfügung stehen sollten, um Daten zu verstehen, interpretieren und darauf zu reagieren.

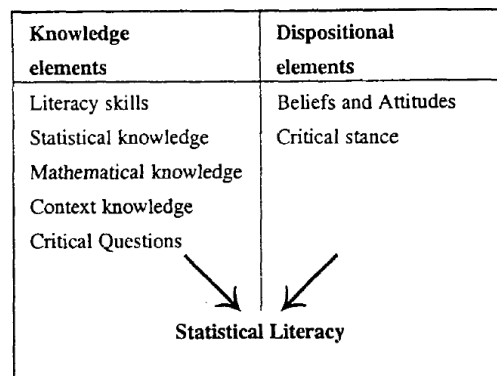


Abb. 2.1: „A model of statistical literacy“ (Gal, 2002)

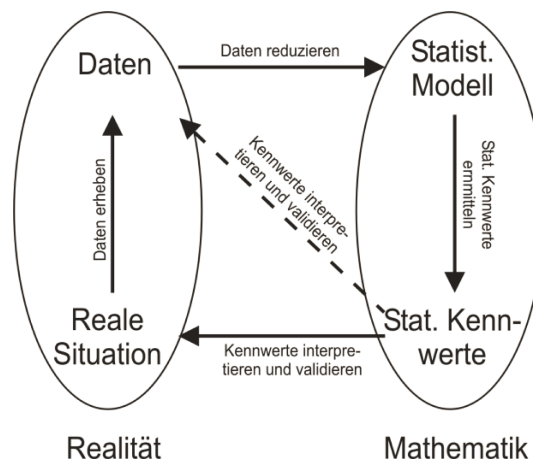


Abb. 2.2: Statistisches Modellierungsmodell in Eichler und Vogel (2013a)

Warum Daten als Werkzeug so wichtig sind, wird bei der Betrachtung deutlich, wie mit Daten Zusammenhänge aus der Welt beschrieben werden können. Dabei werden Daten genutzt, um gesellschaftliche und wirtschaftliche Entscheidungen zu treffen. Beschreibungen der Welt passieren in der Wissenschaft generell über Modelle, die versuchen die Wirklichkeit abzubilden. Diese Modelle sind abhängig vom Ziel und den Interpreten. Eichler und Vogel (2013a) zeigen deutlich auf, dass aus dem Bereich der Statistik sowohl die Datenanalyse als auch die Wahrscheinlichkeitsanalyse als Modellierung verstanden werden können und diskutieren die Stellung dieser im heutigen Schul- oder Mathematikunterricht. (Eichler & Vogel, 2013a, S. 178f). In Anlehnung an den Modellierungskreislauf von Blum (1985) beschreiben sie einen statistischen Modellierungskreislauf (vgl. Abbildung 2.2). Bei diesem Kreislauf wird das Zusammenspiel der statistischen Methoden und dem Realkontext bei der Interpretation deutlich und die Notwendigkeit der Diskussion über die Ergebnisse bei einer Entscheidung über das Problem. Es sind unterschiedliche Interpretationen zulässig, abhängig von den angewandten statistischen Methoden und der Zielsetzung. Gerade die Variabilität statistischer Daten, die durch die Individualität der Objekte in der Welt zustande kommt, macht es notwendig mit Modellen zu arbeiten und zeigt aber gleichzeitig, dass sie die Wirklichkeit nie komplett abbilden werden. Die notwendige Komplexität des Modells, d.h. wie viele und welche Parameter miteinbezogen werden müssen, ist abhängig von der Anwendung des Modells und der zugrundeliegenden Problemstellung.

Bezogen auf die Anwendbarkeit im Unterricht machen die Autoren deutlich, dass in der Datenanalyse Potential steckt sie zu nutzen, um Schülerinnen und Schülern Modellierungsabläufe in der Schule nahezubringen. Die Komplexität der Datenanalyse ist abhängig von der Komplexität des Kontextes. Die Autoren geben als Kontext das Beispiel eines Ärzteprotestes³, der in der Presse beschrieben wurde, an. Es zeigt sich, dass sich gerade eine Datenanalyse eignet, um Schülerinnen und Schülern zu zeigen, wie Mathematik ihre lebensnahe Umwelt beschreiben kann. Nun ist das Ärztebeispiel nicht direkt aus dem Schulalltag heraus gegriffen, denkt man an Mathematik allerdings in einem fächerübergreifenden Kontext, so wird ersichtlich, dass sich schnell andere Beispiele finden lassen, die in die Curricula anderer Schulfächer passen. Wenn sich nun die Komplexität der Datenanalyse auf die Komplexität des Kontextes bezieht, ist sie in der Schule durchaus geeignet einsetzbar. Genau das kann in der Schule angewandt werden und rechtfertigt nicht nur den fächerübergreifenden Einsatz von statistischen Repräsentationen, sondern ermutigt ihn sogar. Da der Kontext in

³Das Beispiel beruht auf einen Zeitungsartikel in dem das Einkommen von Ärzten diskutiert wird und damit zusammenhängend die Insolvenz von Praxen. Es stehen die Ansichten der Politik und der Vertreter der Ärzteschaft mit unterschiedlichen Interpretationen gegenüber.

natur- oder gesellschaftswissenschaftlichen Schulfächern aus dem Schulcurriculum stammt, kann er so aufgearbeitet werden, dass er für die Schülerinnen und Schüler angemessen ist. So ist ein Verständnis der Welt anhand von Modellen, dargestellt z.B. über den statistischen Modellierungskreislauf, hilfreich um Themen zu bearbeiten und sich damit kritisch auseinanderzusetzen. Dabei eignen sich Diagramme, wie Bakker und Hoffmann (2005) zuvor gezeigt haben, um damit das Denken zu ordnen, zu formalisieren und daran zu argumentieren. Die Motivation Diagramme zu erstellen und zu benutzen ist in einem fächerübergreifenden oder nicht-mathematischen Unterricht jedoch nicht innermathematisch, da die Problemstellung oder Erarbeitung eines Sachkontextes im Vordergrund steht.

2.3.1 Ein Modell zum Lesen von Daten

Bei der Analyse des Leseverständnisses von Diagrammen aus Perspektive der Didaktik der Mathematik ist ein synthetisches Modell zum Lesen von Daten von F. R. Curcio und Shaughnessy zu berücksichtigen, das ebenfalls eine Auseinandersetzung mit dem Sachkontext der Diagramme einschließt. Daten stehen immer in einem Kontext (Wild & Pfannkuch, 1999) und bei einer Visualisierung wie über Diagramme ist diese dem Kontext angepasst. Um die Daten zu lesen und auszuwerten, kann es notwendig sein den Kontext dahinter zu kennen und zu verstehen. Gerade in diesem Forschungsvorhaben spielt der Kontext, in diesem Fall die Biologie, eine entscheidende Rolle und bedarf deswegen genauerer Betrachtung. Curcio (1987) unterscheidet drei Arten des Lesens von Daten, die jeweils mit dem Umgang des Kontextes zu tun haben. Dazu gehört das *Lesen* der Daten, bei dem der Interpret eindimensionale Datenpunkte ablesen kann. Dafür ist das Verständnis der Achsen oder der Legende notwendig. Liest der Interpret *zwischen* den Daten, so kann er die Daten als Ganzes betrachten, d.h. einzelne Datenpunkte vergleichen und Trends erkennen. Dabei können also verschiedene Datenpunkte gelesen werden und Zusammenhänge erkannt werden. Als dritte Stufe gibt Curcio Lesen *über* die Daten *hinaus* an, wobei die Fortsetzung der Datenpunkte abgeschätzt werden kann. Es können Vorhersagen über den zukünftigen Verlauf der Daten gemacht werden und auch Fragen über die Daten selbst gestellt werden, wie z.B. über ihre Herkunft. Shaughnessy (2007) erweitert Curcios Modell und fügt eine weitere Stufe, Lesen *hinter* den Daten ein. Damit sind Fragen und Überlegungen gemeint, die vor allem mit dem Kontext des Diagrammes zusammenhängen und über die Interpretation der Daten hinausgeht. Die Daten werden mit weiteren gesellschaftlichen oder wissenschaftlichen Begebenheiten in Bezug

gesetzt, um sie so zu interpretieren. Dabei sind Informationen zum Datenhintergrund notwendig, um solche Bezüge herstellen zu können.

Daten finden sich zum Beispiel auf einer Wetterkarte zur Vorhersage der Temperaturen und des Niederschlages für den aktuellen Tag. Daran können die einzelnen Stufen des Lesens der Daten verdeutlicht werden: Zunächst kann abgelesen werden, dass es in der Nähe von Frankfurt Höchsttemperaturen von 10° haben wird bei Regen und in Hamburg soll es sonnig-bewölkt werden bei Temperaturen von 4°C bis 10°C. Werden Vergleiche gezogen, dass in Hamburg besseres Wetter ist als in Stuttgart oder erkannt, dass Berlin die höchsten Temperaturen erwartet, so wird *zwischen* den Daten gelesen. Hierbei wird nur die Bedeutung der Zeichen verstanden, wofür die Syntax des Diagrammes bekannt sein muss. Der Kontext des Diagrammes spielt hier zunächst keine Rolle. Erst wenn das Diagramm in einen Kontext gesetzt wird und mit der Fragestellung betrachtet, ob ein geplanter Ausflug am heutigen Tag stattfinden kann oder lieber auf morgen verschoben wird, bewegt man sich auf den anderen beiden Stufen des Modells. Aussagen über den weiteren Verlauf der Daten werden gebildet und auf dessen Grundlage Entscheidungen getroffen. Das Diagramm steht nicht mehr nur für sich, sondern findet eine Anwendung im Kontext. Die semantische Bedeutung ändert sich. Die Höchsttemperatur ist nicht nur 10°C, sondern zu kalt, um die Jacke beim Wanderausflug zu Hause zu lassen. Fragen oder Aussagen, die die Ursache oder weitere Folgen dieses Wetters betreffen (*Vermutlich ist die Wetterkarte vom Frühjahr. Die kühlen Temperaturen sind für den Juni ungewöhnlich. Das kalte Wetter lässt sich durch globale Luftströmungen erklären. Das kalte Wetter zerstört die Ernte.*), sind auf dem letzten Level (*hinter den Daten lesen*) zuzuordnen - hier werden weitreichendere Bezüge gezogen, bei denen der Kontext im Vordergrund steht und die Daten eine Erklärung oder Argumentation dafür liefern.

Eine ausführliche theoretische Auseinandersetzung mit dem Modell findet sich außerdem bei Scherrmann (2013), die das Modell ebenso auf grafische Veranschaulichungen von Daten überträgt und die Bedeutung dieses Ansatzes in der aktuellen Forschung hervorhebt. In der vorliegenden Arbeit wird auf das Modell immer wieder Bezug genommen und als „Modell zum Lesen von Curcio/Shaugnessy“ oder auf ähnliche Weise bezeichnet.

2.4 Diagrammkompetenzen

Nach einigen theoretischen Grundlagen sollen an dieser Stelle empirische Befunde vorgestellt werden, die sich auf die Diagrammkompetenz von Schülerinnen und Schülern beziehen.

Hierzu ist eine Arbeit von Lachmayer (2008) zu nennen, bei der die Entwicklung eines Strukturmodelles zur Diagrammkompetenz im Vordergrund steht. Die Arbeit gliedert sich in eine theoriegeleitete Entwicklung und empirische Validierung eines mehrdimensionalen Strukturmodelles, das sowohl Lesen als auch Konstruieren einschließt. Untersuchungsgegenstand sind Linien- und Säulendiagramme mit biologischem Kontext in 9. und 10. Klassen. Getestet wurden außerdem verschiedene Einflussfaktoren bezüglich des Lernhintergrundes und der Lernmerkmale.

Drei Hauptkomponenten des entwickelten Modells sind die Informationsentnahme (Ablezen von Werten mit verschiedenen Ordnungen sowie Identifizierung von syntaktischen Komponenten), Konstruktion von Diagrammen und Integration. Items zur Integration messen die Fähigkeit Informationen von Texten und Diagramm zu kombinieren und aufeinander zu beziehen. Dabei werden zwei Perspektiven unterschieden: Zum einen die Konstruktion von Diagrammen aus Informationen eines Textes, zum anderen die Verknüpfung zu einem Text ausgehend von Informationen aus einem Diagramm. Dabei besteht die Schwierigkeit in der Auswahl der Relevanz der Informationen bei beiden Perspektiven (Lachmayer, 2008, S. 39). Gerade der Aspekt der Integration ist im schulischen Alltag bedeutend, da Diagramme dort selten für sich betrachtet werden, sondern eingebettet in ein Lehrbuch als Visualisierung oder Ergänzung eines Sachtextes dienen. Damit wird bei der Untersuchung versucht ein authentischer Umgang mit Diagrammen herzustellen.

Bei der Validierung des Strukturmodelles wurde eine starke Korrelation zwischen Informationsentnahme und Integration festgestellt. Der Effekt, der sich auf die Unterkomponente des Ablezens von Datenpunkten und auf die gestellten Integrationsaufgaben bezieht, wird aber von der Autorin aufgrund der spezifischen Aufgabenstellungen nur einschränkend als generalisierbar angesehen (Lachmayer, 2008, S. 149).

Weiter zeigt sich, dass die Unterscheidung von Linien- und Säulendiagramm für das Modell nicht notwendig ist. „Insgesamt scheint der Diagrammtyp keinen zu berücksichtigenden Einflussfaktor bei der Diagnose der Diagrammkompetenz darzustellen.“ (Lachmayer, 2008, S. 155)

Ein weiteres Diagrammkompetenzmodell anhand eines stärker mathematik-didaktischen Zuganges, das sich nur auf Säulendiagramme bezieht, entwickelte Stecken (2013) in seinen Arbeiten. Dazu konzipierte er einen theoriebasierten Diagrammtest für die Grundschule, der dort und zu Beginn der 5. Klassen empirisch getestet wurde.

Bei der Entwicklung der Aufgabe für den Test unterscheidet er zwischen einer makro- und einer mikroperspektivischen Ebene. Bei der Mikroperspektive als „Art der Aufgabe“ übernimmt er die Unterteilung, angelehnt an die Hauptkomponenten von Lachmayer (2008), Konstruktion und Interpretation. Den Integrationsaspekt kann er

in sein Testformat nicht konkret einbauen, weil dieser „von ihr [Lachmayer] defizitär beschrieben [wird], da in ihrem Modell nicht deutlich wird, ab wann eine Aufgabe ‘Integrationsaufgabe‘“ ist (Stecken, 2013, S. 77). Auf der makroperspektivischen Ebene werden Informationsquellen (Aussagen, Schaubilder, Säulendiagramme u.a.) und Resultat (Säulendiagramm, Schaubild) unterschieden. Weitere Einteilungen, neben einer Identifizierung ähnlich zu Lachmayer, beziehen sich auf mathematische Operationen in einer Aufgabenklasse, die beim Interpretieren und analog beim Konstruieren vorgenommen werden. Stecken spezifiziert sie mit Ablesen, Addition und Subtraktion von Werten (untereinander/miteinander) und dem Vergleich von Werten. Damit unterteilt er die Vorgänge bei Interpretation und Konstruktion von Diagrammen explizit, ähnlich wie Lachmayer (2008) und konkreter als Curcio (1987). Steckens Einteilung kann vorgenommen werden, da er sie speziell auf sein Aufgabenmaterial bezieht, sie zeigt allerdings keine Allgemeingültigkeit für andere Arten von Diagrammen oder andere Aufgabenschwerpunkte auf. Interpretationen, bei denen der Kontext der Diagramme miteinbezogen wird, die bei dem Modell von Curcio/Shaugnessy den Stufen Lesen hinter oder über die Daten hinaus zuzuordnen sind, lassen sich nicht finden.

Auf Grundlage dieses Tests entwickelte Stecken ein Diagrammkompetenzniveaumodell mit vier aufeinander aufbauenden Stufen mit ansteigenden Schwierigkeitsordnungen. Die Stufen identifiziert er über die Lösungsquote der einzelnen Aufgaben und unterscheidet hier nicht mehr zwischen Konstruktions- und Interpretationsaufgaben (Stecken, 2013, S. 251ff). Die Stufen beschreiben Niveaus vom Defizit im Umgang mit Diagrammen bis hin zum sicheren Umgang mit Diagrammen. Die Inhalte der Diagramme sind so gewählt, dass sie aus der Lebenswelt eines Kindes der Grundschule entstammen. Inhalte der Aufgaben sind zum Beispiel Taschengeld, ein Zoobesuch oder die Wahl des Klassensprechers. Es sind beschreibende Statistiken die dargestellt werden, ohne das daraus inhaltlich ein Informationsgewinn für die Kinder entsteht. Sie lernen dabei mit Diagrammen umzugehen, aber der Kontext ist beliebig austauschbar und irrelevant. Alle Aufgaben sind ohne inhaltliches Vorwissen lösbar. Damit ist der Test für sich genommen einsetzbar, aber gibt wenig Aussagen über die Informationsverarbeitung anhand von Diagrammen.

Damit ist Steckens Arbeit für die Grundschule und eine innermathematische Anwendung von Diagrammen geeignet, vernachlässigt jedoch die inhaltliche und lebensnahe Komponente von Diagrammen. Bei der Aufbereitung von Daten ist der Kontext nicht zu vernachlässigen und spielt bei der Interpretation durchaus eine entscheidende Rolle, wie die Arbeiten im Bereich zum statistischen Denken und Begründen zeigen.

Probleme bei der Übersetzung von Daten in Histogramme, auch im Vergleich zu Säulendiagrammen, thematisieren Melitou und Lee und fordern „statistic instruction needs to find ways to support [the transformation from raw data into a entirely different form]“ (Meletiou & Lee, 2002).

2.5 Die Rolle des Kontextes

The ultimate aim of statistical investigation is learning in the context domain of a real problem. (Wild & Pfannkuch, 1999, S. 244)

Statistische Kompetenzen, wie *reasoning*, *statistical* und *critical thinking*, *statistical literacy* werden nicht nur im Mathematikunterricht benötigt und eingesetzt, sondern durch den anwendungsbezogenen Faktor auch in anderen Fächern. Die fachdidaktische Forschung zu diesen Begriffen ist gerade in den letzten Jahrzehnten gestiegen. Es gibt zahlreiche qualitativen Ansätzen, die Denk- und Lernstrukturen von Kindern im frühen Alter (Reichert, 2014; Wollring, 1994), Schülerinnen und Schülern (Schnell, 2013; Eichler & Vogel, 2012), Studentinnen und Studenten (Buechter & Henn, 2004) oder Lehrerinnen und Lehrer (Eichler, 2005; Schumacher, 2017) zu statistischen Denkweisen erforschen. Stochastische und statistische Denkstrukturen werden anhand von konkreten Gegenständen und Situationen simuliert und dabei die Strategien der Testpersonen erforscht. Die eingesetzten Tasks hierbei haben allerdings einen künstlichen Kontext und sind angepasst auf die Forschungssituation und losgelöst vom Unterricht. Die Wichtigkeit dieser statistischen Kompetenzen wird zwar durch den Realbezug begründet, Untersuchungen werden jedoch in Laborsituationen mit losgelöstem, künstlichen Kontext gemacht. Gerade durch die Aktualität von statistischen Operationen in einer anwendungsbezogenen Umwelt ist die Bedeutung offensichtlich. Diesbezügliche Forschung gelingt es allerdings nicht immer die Verbindung der Mathematik interdisziplinär zu erforschen. Zwar gibt es sowohl in der Mathematikdidaktik (Stecken, 2013) als auch in den Bezugswissenschaften Arbeiten gerade zu Diagrammen (Kotzebue, Gerstl & Nerdel, 2014; Lachmayer, 2008), eine interdisziplinäre Verknüpfung ist hier allerdings nicht zu finden. Die Arbeiten finden zwar aus dem Anwendungsgebiet heraus statt, aber die Rolle und Anwendung des Kontextes der Diagramme wird dabei zweitrangig betrachtet, und sie konzentrieren sich stark auf einzelne Diagrammtypen sowie die Informationsentnahmen und Konstruktionsaspekte. Es werden stochastische Methoden an künstlichen Inhalten erlernt, wobei der Synergieeffekt beim Methodenlernen auch noch Inhalte zu vermitteln übergangen wird oder die Inhalte zu weit von der gegenwärtigen Lernsituation entfernt sind. Dabei gilt nach Moore (1998, S. 1255):

„one of the most important principles for teaching statistics is the *value of good examples*“. Er vergleicht Statistik lernen mit der Kunst ein Musikinstrument zu lernen, bei dem die Schülerinnen und Schüler anhand von Beispielen und über den Kontext die Fähigkeit des Spielens erlernen. Es ist nicht alleine die Technik, die einen guten Statistiker oder Musiker ausmacht, sondern die Kunst mit den Daten oder der Musik zu spielen. Die vorgestellten Theorien dienen als Grundlage und ermutigen dazu den Kontext bei Untersuchung von Lehr-Lernstrukturen miteinzubeziehen. Gerade die Mathematikdidaktik ist im diesem Bereich schon sehr weit, aber findet selten den Weg in die Anwendungsgebiete, um dort die realen Probleme miteinzubeziehen. Arbeiten aus den Anwendungsgebieten dagegen befinden sich nicht so tief in der Lernanalyse, sind aber dafür in dem Kontextgebiet verankert. Ziel dieser Arbeit ist es beide Potentiale zu nutzen und aufbauend auf deren Vorarbeiten Diagramme im Anknüpfungsgebiet zu untersuchen. Dazu müssen Einschränkungen getroffen werden und explizit gemacht werden, welche Diagramme dafür verwendet werden und welcher Kontext untersucht werden soll.

2.6 Zusammenfassung und Konsequenzen für die Arbeit

Die theoretische Auseinandersetzung mit dem Forschungsgebiet zeigt seine Vielfältigkeit, Komplexität mit unterschiedlichen Herangehensweisen sowie vielfältigen Begrifflichkeiten. Welche Schwerpunkte dadurch für diese Arbeit gesetzt werden und die damit zusammenhängenden Einschränkungen werden im Folgenden gezeigt.

2.6.1 Diagramme als visuelle Darstellungen von statistischen Zusammenhängen

In der Forschungsliteratur wird die Art der untersuchten Diagramme entweder stark eingeschränkt (Lachmayer, 2008; Kotzebue et al., 2014) oder sehr weit gefasst, um allgemeine Aussagen über das Sein von Diagrammen und Zeichen zu treffen (Roth, Bowen & McGinn, 1999; Hoffmann, 2005). So sind beispielsweise Diagramme in der Tradition von Peirce ikonische Zeichen (Repräsentationen von Relationen), die „gemäß den allgemein akzeptierten Regeln eines jeweils gewählten Darstellungssystems konstruiert werden“ (Hoffmann, 2005, S. 128), sodass Inskriptionen, wie eine mathematische algebraische Gleichung oder ein Differentialquotient unter den Begriff Diagramm fallen kann⁴ (Fischer, 2011; Brunner, 2015). Weiter werden Diagramme

⁴Der Begriff Diagramm führt im internationalen Sprachgebrauch zu Verwirrung. Im Englischen werden die Begriffe *chart*, *graph* und *diagram* verwendet wohingegen im Deutschen oft das

oft als Grafiken, bildliche oder semi-grafische Repräsentationen bezeichnet und auch Tabellen können zu speziellen ikonischen Repräsentation zählen (Wainer, 1992, S. 21).

Beide Verwendungen sind für Untersuchungen zum Einsatz von Diagrammen im Unterricht nicht zielführend, da sie entweder nur auf eine kleine Anzahl von Diagrammen und nicht allgemein auf die im Unterricht verwendeten Repräsentationen beschränken, oder jede Art von Schema, Zeichnung oder Bild als Diagramm auffassen. Der Forschungsfokus dieser Arbeit will jedoch darauf zielen, wie Diagramme als zentrale Tätigkeit der Statistik in einem kontextbezogenen Unterrichtsfeld eingesetzt werden. Deswegen wird in diesem Forschungskontext ein Diagramm als Darstellung von statistischen Zusammenhängen gesehen. Für diese Arbeit sind demnach Diagramme **visuelle Darstellungen von statistischen Zusammenhängen**. Dazu zählen neben Achsendiagrammen auch Tabellen oder schematische Darstellungen, sofern aus diesen datenbasierte Informationen abzulesen sind. Eine Vielzahl an Beispielen von Darstellungen, die unter diese Definition fallen finden sich in *The Visual Display of Quantitative Information* (Tufté, 2011).

2.6.2 Wahl der Biologie als Anwendungsgebiet

Wie bereits erläutert wurde spielt der Kontext der Daten eine entscheidende Rolle und Moore (1998) macht auf die Kunst und Übung von statistischen Denkweisen an Beispielen aufmerksam. Der mündige Bürger, der im Verlauf seines Lebens mit Daten umgehen muss, wird dies nach seiner Schullaufbahn immer in einer kontextbezogenen Umgebung tun und die Schlüsse bezogen auf den Kontext, sind die Informationen, die bei seiner konkreten Problemstellung relevant sind. Diese Fähigkeit das Problem im Kontext zu betrachten, legt nahe diesen Aspekt schon beim Lernen des Datenlesens miteinzubeziehen. Deswegen ist eine Verknüpfung der Gebiete Mathematik mit dem Anwendungsgebiet naheliegend. Relevant für die vorliegende Arbeit ist die Darstellung von statistischen Informationen als Verknüpfung beider Gebieten. Nicht allgemein die Darstellung von rein mathematischen oder rein biologischen Zusammenhängen, sondern die Verknüpfung dieser beider Darstellungen - Daten in einem kontextbezogenen Anwendungsgebiet stehen im Vordergrund. Die Wahl auf die Biologie als Anwendungsgebiet auf der einen Seite ist austauschbar. Allerdings ist gerade der Biologieunterricht ein Fach mit starkem Alltagsbezug für die Lernenden und somit gut geeignet für eine schulnahe Untersuchung. Es sind viele

Wort Diagramm verwendet wird. Aber so ist auch im Deutschen nicht klar, was alles unter ein Diagramm fällt und Begriffe wie Grafik, Schaubild, Darstellung, Abbildung etc. werden häufig synonym verwendet.

Kontexte zu finden sind, die näher an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sind als es in anderen naturwissenschaftlichen Fächern der Fall ist.

2.7 Ausblick auf das methodische Vorgehen

Die theoretische Auseinandersetzung mit der Thematik zeigt, dass zuerst mit semantischen und syntaktischen Methoden eine fundierte Grundlage generiert werden muss, um eine angemessene Analyse des Einsatzes von Diagrammen im schulischen Kontext durchzuführen. Dazu soll das Sein der Diagramme und anschließend ihre Verwendung in Bezug auf den Interpreten untersucht werden. Danach wird der Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht genauer untersucht, was die Verwendung und Wirkung dieser einschließt.

3 Das Forschungsdesign

3.1 Forschungsinteresse und methodisches Vorgehen

Lesen von Diagrammen in anderen Unterrichtsfächern, soll exemplarisch am Beispiel des Biologieunterrichts untersucht werden. Es soll dabei auf die verschiedenen Ebenen des Zeichenprozesses nach Morris eingegangen werden um syntaktische, semantische und pragmatische Merkmale zu untersuchen. Dabei stehen bei den Untersuchungen verschiedene Objekte im Vordergrund. Zum Zeichenprozess gehört das Zeichen, also das Diagramm und der Interpret, die Schülerinnen und Schüler. Auf der pragmatischen Ebene ist der Zeichenprozess eingebunden in ein Setting, das dem Unterricht in der Schule entspricht. Diese Einteilung spiegelt sich bezogen auf eine schulische Lernumgebung im didaktischen Dreieck (Jank & Meyer, 2005, S. 55) wieder, einem Modell, welches die Beziehungen zwischen Lehrpersonen, Schülern und Lerngegenstand darstellt. Durch das didaktische Dreieck können die Gegebenheiten von Lehr- und Lernsituationen systematisch erfasst werden. So werden die Verhältnisse der am Lernprozess beteiligten Elemente als Ecken (Lehrkräfte, Lerngegenstand und Schülerinnen und Schüler) des Dreiecks und deren Verhältnis untereinander als Seiten des Dreiecks zueinander aufgefasst:

- Lernende - Lerngegenstand : Auseinandersetzung mit den Lerninhalte
- Lehrkraft - Lernende : didaktische und methodische Maßnahmen des Unterrichts und darüber hinaus
- Lehrkraft - Lerngegenstand: Verfügung und Aufbereitung der Lerngegenstände

Im Kontext dieser Untersuchung sind Lerngegenstände biologische Diagramme und analog zum didaktischen Dreieck sollen sowohl die Ecken als auch die Verhältnisse dieser zueinander untersucht werden. Der Lehrer spielt für das Forschungsinteresse nur eine sekundäre Rolle, sodass die Seite Lernender - Lehrkraft nicht konkreter untersucht werden muss. Dennoch kann das didaktische Dreieck als Grundlage eines Modells zur Verdeutlichung des Forschungsdesigns und -vorhabens abgeändert genutzt werden. Der Grundgedanke, die Verknüpfung und das Verhältnis der Bestandteile der am Leseprozess beteiligten Elemente, spiegelt sich im Forschungsdesign wieder.

Die syntaktische Ebene des Zeichenprozesses findet sich bei den Diagrammen, also dem Lerngegenstand wieder. Das Verhältnis, das sich bei der Auseinandersetzung der Lernenden mit den Lerngegenstand ergibt, entspricht der semantischen Ebene des Zeichenprozesses. Die pragmatische Ebene wird besonders im Unterrichtsgeschehen deutlich, bei dem der Sachkontext des Diagramms und den damit auftauchenden Phänomenen im Vordergrund stehen.

Anstelle der Lehrkraft, die für die Auswahl und Aufbereitung der Lerngegenstände verantwortlich ist, wird im abgeänderten Modell allgemeiner der Begriff Unterricht verwendet. Die Verfügung und Aufbereitung der Diagramme ist Teil des Unterrichtsettings. Bei der Aufbereitung und Auswahl der Diagramme stehen vor allem die Diagramme und die syntaktische Ebene im Vordergrund. Im Gegensatz dazu steht die Verbindung des Unterricht und der Schülerinnen und Schüler, worunter auch die methodischen und didaktischen Maßnahmen fallen. Im Kontext des Lernens mit Diagrammen entspricht dieses Verhältnis der pragmatischen Ebene des Zeichenprozesses. Die einzelnen Verbindungen der Lerngegenstände werden fokussiert betrachtet, um dann Aussagen über ihr jeweiliges (Spannungs-)Verhältnis treffen zu können - die syntaktische, semantische und pragmatische Ebene des Zeichenprozesses widerspiegelt, eingebettet in den Unterricht (siehe Abbildung 3.1).

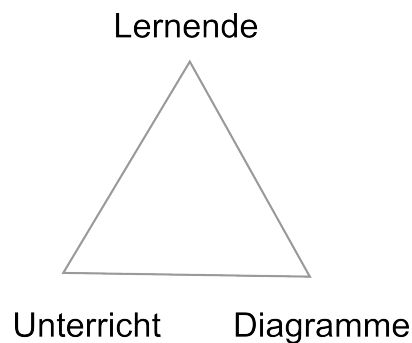


Abb. 3.1: Bestandteile des Leseprozesses bezogen auf Diagramme im schulischen Kontext

Der Komplex des Leseverständnisses von Diagrammen soll damit systematisch untersucht werden. Das Leseverständnis soll zunächst aus den einzelnen Perspektiven beleuchtet werden, bevor es im eingesetzten Setting, also im Unterricht, betrachtet wird.

Die vorliegende Arbeit hat einen explorativen Charakter, da es bisher nur wenige Theorien gibt, die sich mit dem Lesen von Diagrammen im Biologieunterricht befassen und dabei auch den Kontext und die Einbettung in den Unterricht mit einschließen. Als Forschungsdesign eignet sich eine methodenbasierte Exploration (Bortz & Dö-

ring, 2006, S. 365ff), die sowohl Methodenvergleiche als auch Methodenvariationen einbezieht, um sich dem Forschungsgegenstand von verschiedenen Seiten zu nähern. Dabei sollen die verschiedenen Objekte und Beziehungen (vgl. Abbildung 3.1) separat mit einer jeweils angemessenen Forschungsmethode untersucht werden. Die Methode wird angepasst auf den jeweiligen Fokus ausgewählt. So werden die unterschiedlichen Dimensionalitäten des Leseverständnisses von Diagrammen erfasst, um so zu neuen aus der Empirie heraus geleiteten Konzepten zu gelangen.

Eine Variation von Methoden aus qualitativen und quantitativen Forschungsparadigmen, ein sogenanntes *mixed method design* gilt als pragmatischer Ansatz und betont die Freiheit des Forschers, die Methode den Bedürfnisse und Zweck des Forschungsgegenstandes anzupassen, um so das beste Verständnis für das Problem zu erhalten (Creswell, 2003, S. 12). Aber auch die Triangulation bedient sich Methoden beider Forschungsparadigmen und beleuchtet den Gegenstand dadurch aus unterschiedlichen Perspektiven (Flick, 2011).

Das Forschungsdesign dieser Arbeit sieht folglich so aus, dass der Forschungsgegenstand von der konkreten zugrundeliegenden Sache, den Diagrammen bis hin zum komplexeren Setting, dem Unterricht untersucht wird. Das bedeutet, dass zuerst nur die Diagramme, im Fokus stehen, im zweiten Teil die Adressaten als Objekt und zuletzt ein Forschungsumfeld, in dem diese beiden Bestandteile zu finden sind, der Unterricht. Dabei sollen die Ergebnisse der jeweiligen Untersuchung in die darauf aufbauende nächste miteinbezogen werden. Es ist von Vorteil die einzelnen Bestandteile durch die vorherige Untersuchung intensiv zu betrachten, um die Komplexität der Untersuchungen im weiteren Verlauf steigern zu können. Weiter entsteht dabei Raum, um gewonnene Hypothesen in der darauffolgenden Studie konzentrierter und aus einer anderen Perspektive heraus zu betrachten und so insgesamt valide Ergebnisse zu erhalten.

Der Fokus liegt demnach auf einem Einsatz im schulischen Kontext. Die Forschungsfragen, die sich daraus ableiten sind ebenfalls auf den drei Ebenen (Diagramme, Lernende und Unterricht) bezogen. Dabei soll auf verschiedenen Ebenen deskriptiv beschrieben werden, wie Diagramme eingesetzt und gelesen werden und Hypothesen generiert werden, die zur Verbesserung des Einsatzes beitragen können. Daraus ergeben sich zunächst drei Forschungsfragen:

- Welche Diagramme werden im Biologieunterricht verwendet?
- Wie lesen Kinder Diagramme aus dem Biologieunterricht?
- Wie sollten Diagramme im Biologieunterricht eingesetzt werden?

Die Forschungsfragen sind allgemein und die Herangehensweise sowie das damit zusammenhängende konkrete Design, das durch den explorativen Zugang variiert werden soll, bestimmen weitere Forschungsfragen, die in den jeweiligen Kapiteln separat beschrieben werden.

3.2 Die methodischen Ansätze

Die einzelnen Bestandteile des Leseprozesses, bildlich die Ecken des Dreieckes der Abbildung 3.1, bilden die Forschungssubjekte der drei Teile dieser Arbeit. An dieser Stelle soll ein Ausblick über die einzelnen Teile der Arbeit gegeben werden.

1. Klassifizierung von Diagrammen

Die erste Phase stellt eine **Bestandsaufnahme des Materials** dar, welches im Unterricht eingesetzt wird. Dabei wurde eine explorative Analyse von Diagrammen in Schulbüchern durchgeführt, die zu einer Klassifikation von Diagrammen führte. Diese Klassifikation stellt die Basis für weitere Untersuchungen dar und dient als begriffliche Grundlage, um die Diagramme zu sortieren, einzugrenzen und im weiteren Verlauf des Projektes zu benennen. Dabei wurden spezifische Merkmale herausgearbeitet, die im weiteren Forschungsprojekt Anknüpfungspunkte fanden und dort eingesetzt sowie weiter analysiert wurden.

2. Interviews mit Schülerpaaren

Nachdem die Diagramme auf theoretischer Basis fokussiert betrachtet wurden, stellt der zweite Projektschritt eine **schülerzentrierte Phase** dar. Dabei soll empirisch festgestellt werden, über welche Fähigkeiten Schülerinnen und Schüler beim Leseverständnis von Diagrammen überhaupt verfügen und wie sie Diagramme lesen. Dazu wurden in Interviews Diagramme verwendet, die in Schulbüchern eingesetzt werden und in der ersten Phase klassifiziert wurden. Um das Lesen von Diagrammen strukturell systematisch aufzuarbeiten, wurden anhand eines offenen Designs Handlungsfelder und Einflussfaktoren identifiziert, ebenso welche Rolle der biologische Sachkontext beim Leseverständnis spielt. Als Methode wurden Interviews mit Schülerpaaren gewählt und qualitativ ausgewertet.

3. Quantitative Unterrichtsstudie

Die letzte Studie führt die Vorarbeiten und Ergebnisse der vorangegangenen Studien zusammen und untersucht den Forschungskomplex dort, wo er letztendlich Anwendung findet - im Unterricht. Dabei wurden die Hypothesen

zu den Einflussfaktoren der Diagramme und den Handlungen beim Lesen zusammengeführt und in einem Quasiexperiment variiert. In dieser Studie wurden Diagramme praxisnah im authentischen Unterricht eingesetzt, um so Untersuchungen zum Leseverhalten anzustellen.

4 Klassifikation von Diagrammen in Schulbüchern

Naturwissenschaftliche Schulbücher sind Arbeitsmittel für den Unterricht und sollen kompetenzorientiertes Material beinhalten, mit dem naturwissenschaftliches Fachverstehen anhand von Informationstexten, Grafiken, Lernaufgaben usw. gefördert wird (Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2010, S. 140). Damit ist das Schulbuch eine zentrale Quelle, um Diagramme im Kontext des allgemeinen Schulunterrichts zu untersuchen. In der vorliegenden Arbeit sollen zuerst Diagramme separat analysiert werden, bevor im weiteren Verlauf der Arbeit die Lesekompetenz von Diagrammen bei Schülerinnen und Schülern ins Zentrum rückt. Eine vorausgehende Analyse der Diagramme ist notwendig, um einen Überblick über verwendete Diagramme zu erhalten und eine begriffliche Grundlage zur Unterscheidung und Einordnung des Materials zu sichern. Bei dieser systematischen Auseinandersetzung soll auch die Interpretationsbandbreite der Diagramme ausgelotet werden, um damit eine Einschätzung über generelle Anforderungen beim Lesen von Diagrammen zu erhalten und auf mögliche Schwierigkeiten aufmerksam zu werden.

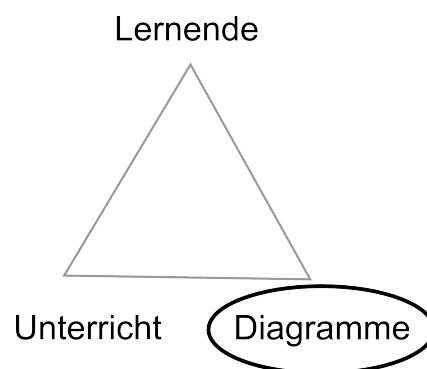


Abb. 4.1: Diagramme als Bestandteil des Leseprozesses

Im Folgenden werde ich darlegen, welche Einordnungen von Diagrammen in anderen Forschungskontexten getroffen wurden, im Anschluss eine Klassifikation der Dia-

gramme in diesem Forschungskontext vorstellen und die weitere Relevanz für die Arbeit diskutieren.

4.1 Bisherige Einordnungen

Eine ausführliche Untersuchung von Abbildungen in Biologiebüchern der Highschool und Fachzeitschriften im nordamerikanischen Raum wurden von Roth et al. (1999) vorgenommen. Dabei betrachten die Autoren nicht nur Diagramme, sondern auch weitere Abbildungen⁵, die in Büchern zu finden sind und teilen diese in Kategorien ein. Hierzu zählen unter anderem Bilder, Histogramme, Tabellen, Diagramme, Liniendiagramme. Roth et al. (1999) stellen sowohl qualitative als auch quantitative Unterschiede zwischen diesen Abbildungen in Schulbüchern und Fachzeitschriften fest. In Schulbüchern finden sich überwiegend Fotografien und Diagramme mit grafischen Bezügen, wohingegen in Fachzeitschriften überwiegend verschiedene Arten von Linien- oder Streudiagrammen in einem kartesischen Koordinatensystem abgebildet sind. Qualitativ unterscheiden sie sich dadurch, dass die Skalen von den Linien- und Streudiagrammen, die es in Schulbüchern gibt, wenig bis gar nicht beschriftet sind. In Fachzeitschriften werden häufig zusätzliche Informationen innerhalb des Diagramms gegeben. Die Autoren berücksichtigen zwar alle Arten von Diagrammen und Abbildungen, beziehen sich im weiteren Verlauf ihrer Arbeit aber hauptsächlich auf Linien- und Streudiagramme (*scattered plots* und *graphs*).

Ebenfalls mit Achsendiagrammen beschäftigt sich Lachmayer (2008), die ein Kompetenzstrukturmodell zum Umgang mit Linien- und Säulendiagrammen entworfen hat. Sie unterscheidet Diagramme aufgrund der Visualisierung von qualitativen und quantitativen Zusammenhängen. Dabei repräsentieren Fluss-, Pfeil- und Baumdiagramme qualitative Zusammenhänge, dahingegen stellen Achsendiagramme quantitative Zusammenhänge von Daten dar.

Friel, Curcio und Bright geben einen Überblick über die Charakterisierung von Visualisierungen (wie Graphen) in bisherigen Forschungsarbeiten und begrenzen sich anschließend auf statistische Graphen „that dominate the school curriculum, namely, standard graphs and tables (as a type of display linked to graphs) of univariate data and line graphs“ (Friel, Curcio & Bright, 2001, S. 126).

Ausführlichere Arbeiten zu Darstellungen von quantitativen Informationen finden sich bei Tufte (2011), der das Design der Diagramme in den Fokus nimmt und eine Vielzahl an Beispielen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen präsentiert. Er zeigt Faktoren auf, die zu Problemen oder Missinterpretation der Diagramme führen. Dazu zählen unterschiedliche Arten von *chartjunk*, wie die Moiré Vibrationen,

⁵Im Original wird der Ausdruck *Inscriptions* benutzt.

unnötige Linien (*grid*) oder selbstdarstellende Grafiken, bei denen der Inhalt Teil des Designs ist und die er als *duck* bezeichnet. Gerade den Einsatz von Computern sieht er kritisch: „Occasionally designers seem to seek credit merely for possessing a new technology, rather than using it to make better designs“ (Tufte, 2011, S. 120). In der Biologiedidaktik versteht Kattmann (2008, Kapitel 24, S. 340ff) Diagramme als „bildliche Formen mathematischer Abbildungen“ und gibt eine Auflistung von Diagrammen an, die in der Biologie verwendet werden. Darunter auch Abbildungen, bei denen keine Daten sondern nur Zusammenhänge dargestellt werden, wie Dendrogramme, Fluss- oder Blockdiagramme.

Es zeigt sich also, dass neben den gängigen Diagrammformen wie Linien- und Balkendiagrammen andere Formen und Abbildungen als Visualisierung von Daten in der Biologie gebraucht werden; allerdings ist keine aktuelle Forschung zu finden, die diese genauer untersucht oder sich damit beschäftigt, wie diese gelesen werden können. Es zeigt sich vielmehr, dass zwar erkannt wird, dass gerade bei Repräsentationen unterschiedliche Formate und Formen gebraucht werden, eine genauere Betrachtung erfolgt jedoch meist nur bei den gängigen Diagrammformen. Allerdings wird deutlich und auch schnell ersichtlich, dass nicht nur Liniendiagramme oder einfache standardisierte Formen in den Lernumgebungen der Schülerinnen und Schüler vorkommen.

4.2 Ergänzende Forschungsfragen

Neben dem pragmatischen Ziel eine begriffliche Grundlage und Systematisierung von Diagrammen für die vorliegende Arbeit zu schaffen, gibt es weitere Aspekte und Fragestellungen, die bei einer Untersuchung des Materials herausgearbeitet bzw. beantwortet werden können. Eine Untersuchung des Materials wirft Fragen auf, die die Verknüpfung von Mathematik und Biologie, die beiden Gebiete dieser Arbeit betreffen. Dabei spielt gerade das Zusammenspiel der unterschiedlichen Kompetenzen und Fähigkeiten eine bisher wenig erforschte Rolle. Eine Analyse der Diagramme in Schulbüchern könnte Indizien dafür geben, welche mathematischen Konzepte gebraucht werden, um Diagramme zu lesen zu können oder auch welche weiteren Kompetenzen notwendig sind, die nicht aus dem Mathematikunterricht bekannt sind. Dennoch ist hierfür eine weitergehende Analyse notwendig und diese Untersuchung fokussiert folgende Fragestellung:

- Welche Diagramme kommen überhaupt im Biologieunterricht vor?
- Was sind die wesentlichen Merkmale von Diagrammen in Biologiebüchern?
- Welche Anhaltspunkte über benötigte Kompetenzen beim Lesen dieser Diagramme gibt die Analyse?

4.3 Methode

Zur systematischen Untersuchung von Diagrammen in Schulbüchern soll ein qualitatives Design verwendet werden. Dazu eignet sich eine Klassifizierung⁶. Diese Methode ist angelehnt an Mayrings „Qualitative Inhaltsanalyse“, die zur qualitativen Analyse von Textmaterial dient (Mayring, 1997, S. 24). Standardmäßig wird diese Methode vor allem auf Interviewmaterial angewendet; es ist aber auch möglich sie auf andere Kommunikationsformen zu übertragen (Ableitinger, 2012).

Im folgenden Kapitel wird ausführlich erläutert wie eine Klassifikation von Diagrammen aus Biologiebüchern entwickelt wurde. Es werden induktive und hermeneutische Herangehensweise zur Klasseneinteilung erläutert und von der anschließenden Diskussion und Einordnung durch verschiedene Gruppen von Studierenden vorgestellt, was letztendlich zur Verschärfung der Klassen führte. Im Anschluss daran werden der Einsatz und die Grenzen der Klassifikation diskutiert.

4.3.1 Auswahl des Datenmaterials

Es wurden Diagramme aus zwölf Büchern von zwei Verlagen entnommen, aus denen dann die Klassen gebildet werden sollten. Dabei wurde darauf geachtet, dass möglichst alle Altersstufen und Schularten vertreten sind. Damit die Stichprobe und Vielfältigkeit der Diagrammarten erweitert werden konnte, wurde auch Literatur aus dem Biologiestudium hinzugezogen. Folgende Bücher wurden zur ersten Sichtung und Entnahme der Stichprobe hinzugenommen:

- Schrödel *Netzwerk Biologie 1, 2, 3*
- Schrödel *Erlebnis Natur&Co 1, 2, 3*
- Schrödel *Naturwissenschaft 1, 2*
- Westermann *Natur bewusst 1, 2, 3/4*
- Person Studium *Biologie*

Die Stichprobe umfasste insgesamt über 70 Diagramme. Dabei wurden fast alle unterschiedlichen Visualisierungen von statistischen Daten aus den Medien ausgewählt⁷.

⁶Prinzipiell handelt es sich hierbei um eine Kategorienbildung. Da aber im Teil II der Arbeit auch ein Kategoriensystem gebildet wurde, wird von einer doppelten Verwendung dieses Begriffes abgesehen und in diesem Teil die Begriffe Klassifikation und Klassen verwendet.

⁷Es ist zu beachten, dass die Stichprobe nicht dazu genutzt werden sollte quantitative Aussagen über Diagramme zu treffen, sondern überhaupt die verschiedenen Diagrammtypen und Abbildungen von Daten zu untersuchen.

Diese Diagramme wurden in sechs Klassen eingeteilt, die anhand von Diagrammen aus Büchern eines weiteren Verlages überprüft wurden. Folgende Bücher des Klett Verlages wurden hinzugezogen:

- Klett *Prisma Biologie 4/5*
- Klett *Prisma Biologie 7-10 Ausgabe A Teilband 1*
- Klett *Prisma Biologie 7-10 Ausgabe A Teilband 2*
- Klett *explora 2*
- Klett *Einblicke 1*
- Klett *Umwelt: Biologie 9/10*

Im Zuge dieser Überprüfung wurden die Klassen begrifflich verschärft.

4.3.2 Verifizierung durch Studierende

Um die gebildeten Klassen zu verifizieren, wurden 32 Studierende der Biologie und der Mathematik jeweils im Rahmen eines Seminars befragt. Kleingruppen aus Studierenden sollten eine Auswahl an Diagrammen entsprechend der vorläufigen Klassifikation zuordnen. Die Befragung erfolgte zu zwei Zeitpunkten jeweils in Kleingruppen von 4-5 Studierenden, denen 21 Diagramme aus den oben aufgeführten Schulbüchern vorgelegt wurden.

In dem Biologieseminar wurden die Biologiestudierenden, die zusätzlich Mathematik als Studienfach belegen auf drei Kleingruppen gleichmäßig verteilt. Im Mathematikseminar wurde eine separate Gruppe gebildet, die nur aus Studierenden bestand, die sowohl Mathematik als auch Biologie als Studienfach belegen. Damit sollte festgestellt werden, ob bei der Zuordnung der Diagramme ein Unterschied entsteht, wenn die Testpersonen einen vertieften biologischen Hintergrund besitzen.

Die Kleingruppen wurden aufgefordert die Diagramme den vorgegebenen Klassen zuzuordnen, aufkommende Unstimmigkeiten wurden anschließend im Plenum diskutiert. Daraufhin wurde die Klassifikation so überarbeitet, dass sich die Klassen klarer voneinander abgrenzen und eine Zuordnung so eindeutiger wird.

4.4 Die Klassifikation

4.4.1 Begriffsdefinitionen

In der Literatur und auch im Alltagsgebrauch werden viele Begrifflichkeiten, die mit dem Komplex Diagramme und Visualisierung zusammenhängen, oft synonym und undifferenziert verwendet. Gerade die Begrifflichkeit und Übergänge von Diagrammen zu grafischen Darstellungen sind fließend. Grafische Visualisierungen, grafische oder schematische Darstellungen, Illustrationen, Abbildungen, Grafiken allgemein, Diagramme, Graphen usw. sind Begriffe, die benutzt werden und darunter fallen fast alle nicht-textbasierten oder bildliche Objekte in Büchern und Medien, die etwas darstellen. Eine Definition, was in dieser Arbeit unter Diagramm verstanden wird, wurde in Kapitel 2.1 gegeben, dennoch werden auch weitere angrenzende Begriffe in der Arbeit verwendet, die eine Abgrenzung benötigen. Im Folgenden werden Begriffe erläutert, die in der kommenden Klassifikation benutzt werden.

Als *etablierte mathematische Diagramme* sollen hier diejenigen Diagramme aufgefasst werden, die überwiegend in den Medien und im Mathematikunterricht verwendet werden. Dazu zählen gängige Diagrammart, wie Säulen-, Balken-, Linien-, Punkt-, Kreisdiagramme, Histogramme, Boxplots und Tabellen. Eine Auflistung und Erläuterung findet sich bei Eichler und Vogel (2013b, S. 31).

Ein Blick in die Schulbücher macht deutlich, wo sich Abbildungen zwischen Text, grafischer Darstellung und Datenaufbereitung bewegen. Damit bestätigt sich Richards (2002, S. 91): „Diagrams occupy the hinterland between written text and the purely graphical“. Es zeigt sich aber auch, dass Diagramme nicht nur reine Datenaufbereitungen sind, sondern in ihnen selbst *grafische Elemente* als illustrativer Zusatz enthalten sind. Der Hund, der im Zentrum des Kreises steht ist ein grafisches Element (vgl. Abbildung 4.2), genauso wie die Milchkannen, die statt den Balken verwendet werden (vgl. Abbildung 5.4). Das Diagramm selbst kann man als Grafik oder grafische Aufbereitung sehen, ein grafisches Element hingegen ist nur ein Teil des Diagramms insgesamt, das ein Bild einer Sache darstellt und im Diagramm selbst oder als Teil davon verwendet wird. Die grafischen Elemente sind Teil des *Designs* des Diagramms. Das Design bezeichnet die Art und Weise, wie ein Diagramm grafisch gestaltet ist, unabhängig von der Diagrammart oder -form. *Art* oder *Form* eines Diagramms bewirken die Einteilung der Diagramme in Kreisdiagramme, Liniendiagramme, Stammbäume und anderes.

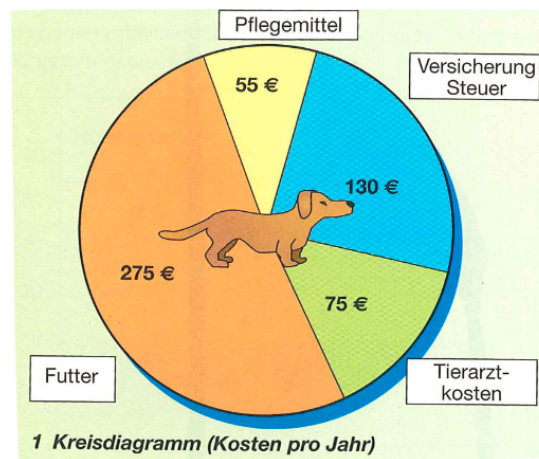


Abb. 4.2: Der Hund als grafisches Element in einem Kreisdiagramm (*Erlebnis Natur & Co. 1*, 2004)

4.4.2 Die Klassifikation

Die vorliegende Klassifikation ist das Ergebnis einer Schulbuchanalyse, die versucht hat sich dem Komplex statistischer Repräsentationen im Biologieunterricht über die Sachebene, also über das Unterrichtsmaterial, zu nähern. Die vorhandenen Repräsentationen sollten eingeteilt und klassifiziert werden und zwar so, dass es diesem Forschungskontext, dessen Schwerpunkt auf dem Lesen und Einsatz von statistischen Repräsentationen im Biologieunterricht liegt, gerecht wird.

Bei der Bildung der Klassen ließ sich feststellen, dass neben der Form des Diagramms auch das Design, also die Art und Weise der grafischen Gestaltung, das Diagramm insgesamt bestimmen. Eine Kombination aus diesen beiden Merkmalen gibt die Kriterien für die vorliegende Klassifikation an. Eine Einteilung nur nach Diagrammform (Kurven-, Kreis-, Sterndiagramm u.a.), wie sie Kattmann (2008, S. 340-356) vornimmt oder auch Lachmayers Einteilung in qualitative und quantitative Diagramme (Lachmayer, Nerdel & Prechtel, 2007), erschien für die Beantwortung der Forschungsfragen nicht zielführend. Ebenso zeigte Lachmayer (2008), dass die Diagrammform, zumindest bei Linien- und Balkendiagrammen, keinen entscheidenden Einfluss auf die Diagrammkompetenz hat.

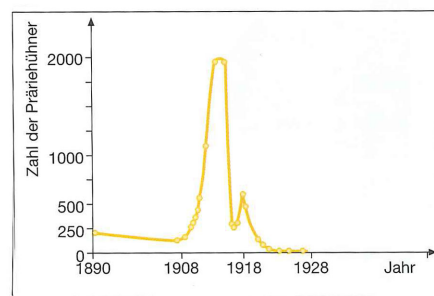
Aufgrund der vielfältigen Diagrammformen, die in Biologiebüchern zu finden sind, ergaben sich zwei Hauptklassen, **strukturfokussierende** und **kontextfokussierende** Diagramme. Ein weiteres Unterscheidungskriterium bildet das **Design** der Diagramme, das diese Hauptklassen nochmals unterteilt.

Strukturfokussierende Diagramme

A) Mathematische Diagramme

Das Diagramm besteht aus einer etablierten mathematischen Form (wie Balken-, Linien-, Kreisdiagramme, Tabellen u.a.), die Daten aus dem biologischen Sachinhalt darstellt; es ist möglich sie ohne weitere biologische Kenntnisse zu lesen und zu interpretieren. Im Vordergrund stehen die Daten. Das Diagramm beinhaltet keine weiteren grafischen Elemente oder bildliche Darstellungen.

Beispiel: Linien-, verschiedene Arten von Balken-, Kreisdiagrammen, Tabellen, Fluss- und Baumdiagramme; jeweils ohne weitere grafische Elemente.



4 Aussterben einer Präriehuhnart in Massachusetts (USA)

Abb. 4.3: A) Ein Liniendiagramm ohne weitere grafischen Elemente. Quelle: Jungbauer (2004, S.141)

B) Mathematische Diagramme mit grafischen Elementen von biologischen Objekten

Biologische Daten werden mit etablierten mathematischen Diagrammen dargestellt und zusätzlich durch grafische Elemente unterstützt, die biologische Objekte repräsentieren. Die grafischen Elemente geben keine zusätzlichen Informationen, abgesehen von dem Aussehen des dargestellten Objekts selbst. Das Diagramm kann allerdings genauso ohne die zusätzlichen grafischen Elemente dargestellt und gelesen werden.

Beispiel: vgl. A) mit weiteren grafischen Elementen.

C) Mathematische Diagramme mit integrierten grafischen Elementen von biologischen Objekten

Biologische Daten werden durch Diagramme dargestellt. Integrativer Teil dieser Diagramme sind grafische Elemente, die unmittelbar mit der Thematik verbunden sind. Diese grafischen Elemente sind eingebunden in das Diagramm,

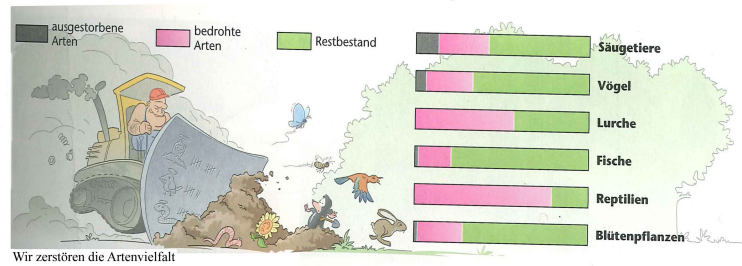


Abb. 4.4: B) Ein Säulendiagramm mit zusätzlichen grafischen Elementen, die unabhängig von dem eigentlich Diagramm sind. Quelle: *Prisma Biologie 7-10* (2005)

also Teil der Diagrammform. Es wäre möglich, die Daten mit etablierten mathematischen Diagrammen darzustellen, dazu müsste die Darstellungsform leicht geändert werden. Beispielsweise dienen Milcheimer als Balken eines Balkendiagramms zur Veranschaulichung der Thematik „Milchleistung“ oder ein Kreisdiagramm wird in Form eines Tropfens dargestellt. Die repräsentierten biologischen Objekte sind damit fester integraler Bestandteil des Diagramms, dagegen würde eine rein mathematische Darstellung ohne grafische Elemente gegebenenfalls zu Informationsverlust führen. Die bildliche Darstellung gibt aufgrund ihrer semantischen Ebene weitere Informationen an den Interpreten. Durch das Design mit kontextbezogenen biologischen Objekten wird die syntaktische Ebene vernachlässigt, zum Beispiel entsprechen je nach Diagramm die dargestellten Größen nicht mehr exakt den numerischen Werten. Wird ein Kreisdiagramm in Form eines Tropfen dargestellt, so wird die genaue prozentuale Entsprechung der Teile nicht berücksichtigt. Auch die Verhältnisse der Balken im Balkendiagrammen werden nicht mehr exakt dargestellt.

Beispiel: Diagramme mit Säulen dargestellt als Milchkannen, Piktogramme

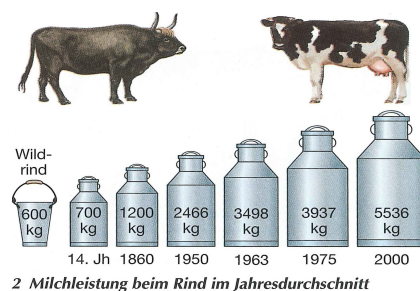


Abb. 4.5: C) Ein Säulendiagramm bei dem die Säulen durch ein thematisch passendes grafisches Element dargestellt sind. Quelle: *Erlebnis Natur & Co. 3* (2005)

Kontextfokussierende Klassen

D) Diagramme, die etablierten mathematischen Darstellungsformen angepasst wurden

Diese Diagramme sind eher „mathematisch“ dargestellt, dennoch sind Darstellungsweisen aufgrund des biologischen Kontextes gewählt und entsprechen nicht den üblichen mathematisch etablierten Diagrammart, die unter A) und B) zu finden sind. Es ist zwar eine mathematische Struktur erkennbar, die an eine etablierte mathematische Diagrammform erinnert, aber aufgrund des Sachinhaltes und der Charakteristik der Daten, angepasst werden musste. Hierzu zählen u.a. multivariate Achsendiagramme. Um diese Darstellungen zu verstehen, ist es notwendig, den biologischen Kontext und die damit verbundene repräsentierte Thematik zu kennen. Es gibt dabei auch Diagrammformen, die nur bei diesen biologischen Themen verwendet werden und demnach fachspezifisch sind. Bei diesen Diagrammen finden sich selten grafische Elemente, die dann eher unterstützenden und nicht integralen Charakter haben.

Beispiel: Diasporenniederschlag, phänologische Darstellung von Vogelzugkalender, Vegetationsformen in Abhängigkeit von Niederschlägen

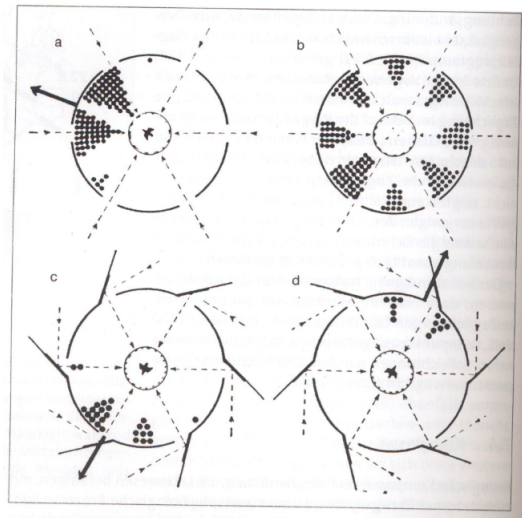


Abb. 4.6: D) Das Diagramm zeigt Messungen in Orientierungstrichtern, die die Zugunruhe aufzeichnen. Quelle: Berthold (2007)

E) Diagramme in einer speziellen biologischen Darstellung

Die Darstellungsform ist im mathematischen Kontext nicht zu finden. Die wesentlichen Informationen gehen aus der bildlichen Darstellung hervor und sind verständlich auch ohne weitere numerische Angaben. Repräsentanten biologischer Objekte sind bildlich dargestellt und geben ein direktes Bewusstsein

der Problematik über die Visualisierung. Aus der Interpretation des Designs werden mehr Informationen übermittelt als nur Größen zu vergleichen. Das Diagramm aus mathematischer Sichtweise zu betrachten zeigt, dass Längen-, Flächen- und Volumenangaben nicht immer konsistent visualisiert werden und die Repräsentation der Daten damit nicht immer exakt ist - ein ähnliches Phänomen wie schon bei Klasse C). Die Darstellungsform und das Design sind der Problemstellung angepasst, ein mathematisches Diagramm würde zu Informationsverlust führen oder die Übersichtlichkeit bzw. einfache Verständlichkeit vermindern.

Beispiele: Zeittafeln, phylogenetische Darstellungen von Stammbäumen, Nahrungspyramiden.

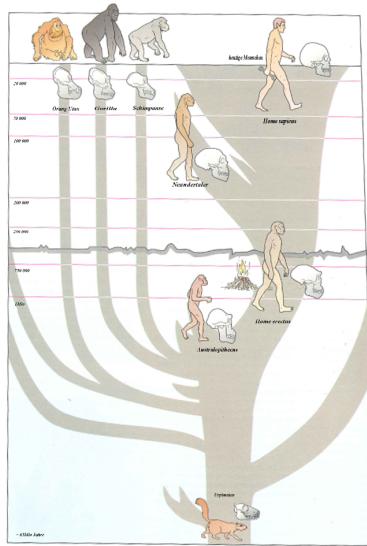


Abb. 4.7: E) Das Design zeigt eine Digrammformen, die eher aus einer biologischen Motivation entstanden ist, wie ein Stammbaum. Quelle: *Umwelt: Biologie : 9/10* (1997)

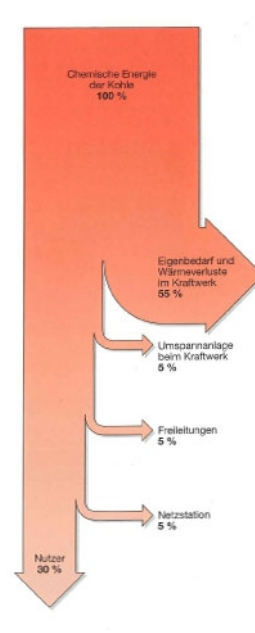


Abb. 4.8: F) Das verwendeten grafischen Elemente, der Pfeil, hat keinen biologischen Bezug zur Thematik, sondern eher dekorativen.

F) Illustrierte Darstellungen mit integrierten Grafiken ohne biologischen Bezug

Diese Diagramme bestehen nicht aus einer mathematisch etablierten Darstellungsform und das Design ist sehr bildlich gewählt. Die verwendeten grafischen Elemente repräsentieren allerdings keine biologischen Objekte, sondern haben rein illustrativen Charakter und es werden dadurch keine weiteren zusätzlichen Informationen dadurch übermittelt. Das Diagramm kann auch mit etablierten mathematischen Diagrammen dargestellt werden mit demselben Informationsgehalt.

Beispiele: Balken- oder Kreisdiagramme, dargestellt in einer anderen Form wie Pfeile oder andere grafischen Elemente.

4.5 Diskussion der Ergebnisse

Im Folgenden wird die Klassifikation in diesem Forschungskontext betrachtet und erläutert. Dabei sollen Qualität und Beschränkungen aufgezeigt werden, sowie eine kritische Auseinandersetzung mit den Forschungsfragen erfolgen.

4.5.1 Zu den Klassen

Die Klassen sind so gewählt, dass es möglich ist, jedes Diagramm aus dem Kontext Biologie zuzuordnen. Die Kriterien orientieren sich zum einen an der Form und zum anderen am Design. So werden die Diagramme nicht in Balken-, Kreis- oder Liniendiagramm eingeteilt, sondern durch die Art und Weise wie sie dargestellt werden unterschieden. In den Klassen der *strukturfokussierten* Diagramme finden sich überwiegend Formen, die aus dem Mathematikunterricht bekannt und auch im Alltag zu finden sind. Eine Interpretation dieser ist mit einem einfachen mathematischen Verständnis problemlos zu bewältigen, insbesondere da Schülerinnen und Schüler diese Arten von Diagrammen explizit im Mathematikunterricht behandeln. Die drei Unterklassen der strukturfokussierenden Diagramme unterscheiden sich lediglich aufgrund ihres Darstellungsdesigns, genauer über den Einsatz von grafischen Elementen. Bei der Erstellung des Diagramms wird vorrangig die Form ausgewählt, dann die Daten eingetragen und mit grafischen Elementen erweitert oder verändert. Damit stellt das Diagramm nicht nur statistische Größen dar, sondern es verknüpft sie auch mit ikonischen Modellen. Hierbei können die grafischen Elemente weitere semantische Informationen vermitteln, die über das Aussehen des Objekts hinausgehen (vgl. Klasse C)). Das Diagramm ist damit auch eine Illustration, in der Zusammenhänge dargestellt und Informationen gegeben werden, die nicht in mathematischen Größen zu fassen sind. Dabei kann bei einem Fokus auf die ikonischen Modelle (statt auf die Daten) eine andere Problemstellung thematisiert werden. Weitere Faktoren, die im Diagramm dargestellt werden, spielen in dem gegebenen Kontext eine Rolle. Beispielsweise kann eine Veränderung eines Objekts über die Zeit zusätzlich zu den mathematischen und logischen Größen visualisiert werden.

Anders ist es bei den *kontextfokussierenden* Diagrammen. Diese sind im Mathematikunterricht nicht zu finden und haben einen starken speziell biologischen Bezug. Bei D) wird eine „mathematische“ Form variiert und dem Sachverhalt angepasst. Das bedeutet, dass z.B. eine etablierte Diagrammform wie ein Achsendiagramm zu einem multivariaten Diagramm verändert wird, damit ein bestimmter Sachverhalt anhand von Daten dargestellt werden kann. Mit rein logischen Überlegungen kann man hier schließen, wie einzelne Datenpunkte abzulesen sind. Allerdings ist ein umfangreiches

Verständnis darüber, was diese einzelnen Datenpunkte bedeuten nicht möglich, ohne den biologischen Kontext zu kennen. Bei den Diagrammen stehen jedoch nicht die Daten im Vordergrund, sondern die biologischen Konzepte dahinter.

Diagrammtypen der Klasse E) (Diagramme in einer speziellen biologischen Darstellung) gleichen auf den ersten Blick eher Visualisierungen von Objekten oder Schemata, aber auch hier kann man Zusammenhänge von Daten ablesen. Allerdings handelt es sich vordergründig nicht mehr um logische oder mathematische Größen, sondern im Fokus stehen biologische Entwicklungen und Zusammenhänge. Es ist eine spezielle Diagrammkompetenz erforderlich, die den Schülerinnen und Schülern im Mathematikunterricht nicht begegnet. So gehören z.B. Stammbäume (vgl. Abb.4.7), bei denen die genetische Abstammung der Spezies grafisch dargestellt wird, in diese Klasse. Es werden Verbindungen zwischen den einzelnen Entwicklungsstufen dargestellt sowie deren Verwandtschaft. Allerdings sind die quantitativen Merkmalsausprägungen nicht genau ersichtlich, vielmehr zeigen die Verbindungsstränge eine Tendenz und keine exakten numerischen Werte. So sind Zeitangaben solcher Diagramme nicht exakt ablesbar, sondern zeigen einen ungefähren Zeitrahmen. Es zeigt sich, dass die Diagrammform durch den biologischen Sachverhalt entwickelt und bestimmt wird. Anstatt Daten zu visualisieren, werden Zusammenhänge und Hintergrund der Daten vermittelt (oder vorausgesetzt), um das Diagramm zu interpretieren. Es wird deutlich, dass der Kontext des Diagramms mit seiner biologischen Problemstellung im Vordergrund steht. Die exakte visuelle Repräsentation der Daten scheint deswegen bei diesen kontextfokussierenden Diagrammen häufiger vernachlässigt zu werden.

Dahingegen ist Klasse F) (Illustrierte Darstellungen mit integrierten Grafiken ohne biologischen Bezug) unabhängig von der Fachrichtung und es handelt sich um eine Diagrammform, die in irgendeiner Art und Weise durch grafische Elemente dargestellt wird, beispielsweise durch Pfeile oder sonstige Objekte. Aber diese Objekte sind losgelöst von der Thematik und dienen nur einer auflockernden Darstellung. Unklar ist, ob solch eine Darstellung wirklich notwendig ist oder ob der Lernerfolg bei einer herkömmlichen Darstellung nicht höher ist, da so die Lesekompetenz von Diagrammen eher gefördert wird.

4.5.2 Diskussion

Die Einteilung in dieses Klassensystem scheint adäquat, weil in diesem Forschungskontext gerade die fächerverbindenden Aspekte der Mathematik und Biologie im Vordergrund stehen. Eine Untersuchung von Diagrammen als Aufbereitung von Daten ist demnach nur dann sinnvoll, wenn dabei auch die Daten und der Sachinhalt der Diagramme berücksichtigt und bedacht werden. Das vorgestellte System versucht

dem gerecht zu werden. Mathematische Konzepte wie Diagramme haben hier keinen Selbstzweck, sondern werden benutzt, um Inhalte und Daten zu vermitteln. Die Klassifikation versucht dabei sowohl syntaktische als auch semantische Aspekte in die Unterteilung mit aufzunehmen. Dabei werden Form, Design und damit zusammenhängend auch Daten und Sachinhalt berücksichtigt. Dadurch zeigt sich, dass der Sachinhalt, also der Kontext, die Form des Diagramms bestimmen kann. Demnach muss nicht nur die Form untersucht werden, sondern vielmehr das ganze Diagramm unter Berücksichtigung seines Sachinhalts. Die kommunikative Validierung mit Studierenden und der wissenschaftliche Diskurs zeigt die grundsätzliche Anwendbarkeit der Klassifikation. Es wurde aber auch deutlich, dass die Diagramme nur schwer unabhängig von ihrem eingesetzten Setting betrachtet werden können. So ist der Übergang von der einen in die andere Klasse eher fließend und kann in einem anderen Setting, bei dem sich die Betrachtungsweise durch einen anderen Einsatz ändert, möglicherweise anders zugeordnet werden.

Bei weiterer Literaturrecherche und Auseinandersetzung mit anderen Einteilungen von Diagrammen zeigten sich Arbeiten, die ähnliche Ansätze verwenden: Eine Beschreibung der syntaktischen und semantischen Bestandteile von Diagrammen nimmt auch Richards (2002) vor und unterteilt die „Design Variables of Diagramms“ in drei unterschiedliche Interpretationsmodi (*correspondence*, *depiction* und *organisation*), die unterschieden werden können. Bei diesen Modi stellt er Ähnlichkeit zu den semiotischen Regeln von Morris fest. Beim Modus der *depiction* kann man Diagramme in einer Skala von *figurative* bis hin zu *non figurative* einordnen, der Modus der *correspondence* bewegt sich von literal zu non-literal. Dadurch sind verschiedene Kombinationen dieser beiden Modi möglich (z.B. literal und non-figurativ oder semi-literal und semi-figurativ). Die Idee einer Unterteilung, die Bezug auf die illustrative Darstellung von Diagrammen nimmt, findet sich prinzipiell auch in der vorgestellten Klassifikation wieder, da sich die figurative Darstellung in der Art und Weise, wie die grafischen Elemente integriert sind, ähnelt. Die vorgenommene Klassifikation ist aber im Kontext dieser Arbeit zu sehen und soll als begriffliche Grundlage für weitere Untersuchungen im fächerübergreifenden Unterrichtskontext Mathematik und Biologie eingesetzt werden, hat somit einen stärkeren Praxisbezug auf die Diagramme und ist damit möglicherweise nicht uneingeschränkt auf Diagramme aus anderen Wissenschaftsbereichen zu übertragen.

Bei Diagrammen, die sowohl als Darstellung von Daten und mathematischen Größen fungieren, als auch ikonische Modelle integriert haben, ist die Intention des Diagramms ohne konkrete Fragestellung nicht immer offensichtlich. Es ist anzunehmen, dass der thematische Fokus bei verschiedenen Interpreten variiert, sofern die Pro-

blemstellung in einem Setting wie dem Unterricht, nicht klar eingegrenzt wird. So war das Diagramm „Stammbaum der Primaten“ (vgl. Abbildung 4.7) im Gespräch mit den Studierenden besonders umstritten. Es wird die Entwicklung des Menschen in einem Intervalldiagramm dargestellt und zu jeder Gattung ein Schädel als unterstützendes grafisches Element abgebildet. In der Diskussion mit den Studierenden wurde deutlich, dass nicht nur die zeitliche Entwicklungsphase einen Hauptaspekt des Diagramms darstellt, sondern genauso die Entwicklung des Schädels. Dadurch gab es keine klare Übereinstimmung in welche Klasse dieses Diagramm einzuordnen ist. Durch den Fokus auf die reine grafische Darstellung der Schädel im zeitlichen Verlauf kann das Diagramm Klasse C) eingeordnet werden, betrachtet man aber genauer die Zeitpanne der Existenz der Spezies, die als Stammbaum dargestellt wird, ist es Klasse D) zuzuordnen.

Bei der Klassifizierung ist zu beachten, ob und wie das Diagramm rein mathematisch dargestellt werden könnte und wie weit dabei Informationen verloren gehen. In der Regel ist deshalb die Form vor dem Design zu beachten. Im Fall des Diagramms in der Abbildung 4.7 „Stammbaum der Primaten“ bedeutet das: Ist der Fokus auf die rein zeitliche Entwicklungsspanne zu legen, so ist die Diagrammform ein Stammbaum und mathematisch kein gewöhnliches Achsenbild, die Schädel reine Zusatzinformation und das Diagramm in Klasse D) zugehörig.

An diesem Beispiel wird deutlich, dass ein Diagramm im biologischen Kontext unterschiedliche Schwerpunkte haben kann und die Fragestellung unter der es betrachtet wird ausschlaggebend ist, in welche Richtung die Interpretation verläuft. Damit kann sich auch die Zuordnung der Klassen verändern. So ist der Übergang von der einen in die andere Klasse eher fließend und kann in einem anderen Setting, bei dem sich die Betrachtungsweise durch einen anderen Einsatz ändern, möglicherweise anders zugeordnet werden. Es kommt also nicht nur auf das Diagramm an, sondern eben auf die pragmatische Beziehung des Zeichens zum Interpretieren.

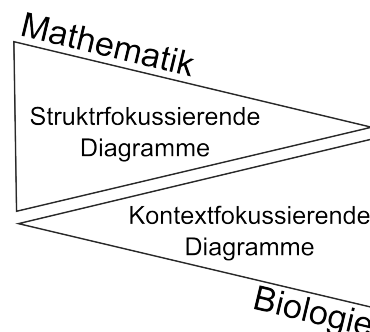


Abb. 4.9: Darstellung des Übergangs der beiden Diagrammklassen

Das stimmt mit Richards (2002, S. 87) überein, der hervorhebt, dass die Anordnung und Hervorhebung der Elemente des Diagramms die Bedeutung insgesamt verändern können. Dabei kann diese Veränderung auch nicht nur durch die Elemente selbst, sondern durch die Herangehensweise des Interpreten erfolgen. Eine kritische Ansicht demgegenüber vertritt Tufte (2011), der integrierte grafischen Elemente bei quantitativen Daten als *Chartjunk* bezeichnet und eine zusätzliche Informationsebene verneint. Gelungene grafische Darstellungen präsentieren die Daten angemessen unter Berücksichtigung der Materie, der Statistik und dem Design. „Graphical excellence is that which gives the viewer the greatest number of ideas in the shortest time with the least ink in the smallest space“ (Tufte, 2011, S. 51).

Beim Sichten der Schulbücher, die auch Inhalte anderer Naturwissenschaften thematisieren, sind solche fachspezifischen Diagramme, wie sie bei Klasse D) oder E) auftreten auch in anderen Gebieten aufgefallen (z.B. Weltkarte mit Zeitzonen). So hat beispielsweise die Geografie eigene Diagrammtypen, bei denen Daten abgelesen werden können, aber die mathematische Korrektheit nicht mehr ganz gegeben ist. Ein interessantes Beispiel aus der Geografie ist eine Weltkarte, in der die Zeitzonen eingeteilt sind und abgelesen werden können. Hier erfolgt die Einteilung, nicht immer entlang der geografischen Erdachsen, sondern geprägt von den politischen Grenzen der Länder. Deshalb gibt es zwar eine eindeutige Zuordnung, sie kann aber nicht mit mathematischen Methoden, die aus der Schule bekannt sind, beschrieben oder gemessen werden.

Auch in der Diskussion mit den Studierenden wurde deutlich, dass der Inhalt der Diagramme nicht immer eindeutig der Biologie zuzuordnen ist, sondern auch verwandten Wissenschaften, wie z.B. der Geografie oder Technik zugewiesen werden kann. Das zeigt, dass die vorliegende Klassifikation möglicherweise auf andere naturwissenschaftliche Disziplinen oder allgemein den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht übertragen werden könnte. Dies wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht geprüft, da dieser Forschungskontext sich auf die Verbindung von Mathematik und Biologie bezieht.

In einem Mathematikbuch (*Lambacher Schweizer 5.*, 2014, S. 59, Aufgabe 13) der 5. Klasse des Gymnasiums gibt es eine Aufgabe, die dazu auffordert Diagramme unterschiedlich zu designen, um andere Argumentationslinien damit zu verfolgen. Thematisch geht es darum die Sommerferien in verschiedenen Ländern vergleichend darzustellen und zum einen zu zeigen, dass eine Ungerechtigkeit zwischen den verschiedenen Ländern herrscht oder zum anderen eben ein Diagramm zu erstellen in dem deutlich wird, dass es keinen großen Unterschied zwischen den verschiedenen Ländern gibt. Die quantitativen Zusammenhänge der einzelnen Datenpunkte müssen

dabei zur Bewältigung der Aufgabe unterschiedlich stark zueinander in Beziehung gesetzt werden, um damit größer oder kleiner zu wirken. Daraus wird deutlich, dass die Syntax und das Design benutzt wird, um semantische Schlussfolgerungen zu treffen.

4.6 Zwischenfazit

In dieser ersten Analyse konnten wichtige Ergebnisse erzielt werden, deren Reichweite in der weiteren Arbeit präsent sind und an dieser Stelle konkretisiert werden.

4.6.1 Zur Beantwortung der Forschungsfragen

Nach der Klassifikation und den damit zusammenhängenden Folgerungen können die eingangs gestellten Forschungsfragen beantwortet werden:

- *Welche Diagramme kommen überhaupt im Biologieunterricht vor?*

Bei der Sichtung der Bücher und Auseinandersetzung mit den Diagrammen zeigte sich, dass im Biologieunterricht eine vielfältige Anzahl an Diagrammen, Schemata, Abbildungen und Ähnliches vorkommt. Sie unterscheiden sich zum Teil von den bekannten Diagrammen, die im Mathematikunterricht oder in den Medien vorkommen.

- *Was sind die wesentlichen Merkmale von Diagrammen in Biologiebüchern?*

Ein wesentliches Merkmal ist das Design der Diagramme, das in Schulbüchern stark variiert. Es gibt Unterschiede beim Grad der Unterstützung des Diagramms durch grafische Elemente und eine Veränderung der Diagrammform abhängig vom dargestellten Sachinhalt. Es zeigt sich, dass Diagramme sowohl quantitative Zusammenhänge als auch biologische Konzepte vermitteln und dass sich der Fokus aufgrund des Designs verändert. Konzentriert man sich auf diese Unterscheidung kann man Diagramme der beiden Hauptklassen auch als eher *mathematisch motiviert* oder *biologisch motiviert* bezeichnen.

- *Welche Anhaltspunkte über benötigte Kompetenzen beim Lesen dieser Diagramme gibt die Analyse?*

Bei den kontextfokussierenden Diagrammen wurde deutlich, dass eine spezielle Diagrammlesekompetenz notwendig ist, da diese Diagramme stärker ikonisch und illustriert dargestellt werden als die bekannteren Diagramme aus der strukturfokussierenden Klasse. Diese Einsicht lässt die Forderung nach einer

Berücksichtigung einer Lesekompetenz von Bildern zu. Schülerinnen und Schüler müssen lernen, Bilder auf eine sinnvolle Art und Weise lesen zu können. Außerdem ist bei Diagrammen, vor allem aus den Klassen D) und E), eine gute Vorbereitung auf die Fragestellung und die dahinterstehende Thematik notwendig.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass **die eingesetzten grafischen Elemente mögliche Einflussfaktoren** für das Verständnis und das Lesen der Diagramme bilden könnten. Deutlich wurde auch, dass der Kontext eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der Diagramme spielt, weil er die Diagrammform an sich bestimmen kann.

4.6.2 Ausblick im Rahmen dieser Arbeit

Es ist zu beachten, dass bei der Verwendung von den Diagrammen auch andere Faktoren einen starken Einfluss auf das Lesen haben können und im Unterricht oder Einzelgespräch die Diagramme von den Interpreten (Schülerinnen und Schüler) anders gelesen werden, als es die Autorin es selbst würde oder erwartet. Studien zeigen die „Andersartigkeit des mathematischen Denkens“ (Selter & Spiegel, 2001, S. 20) von Kindern und ermutigen dazu die Denkweisen von Kindern ernst zu nehmen. Das Lesen der Diagramme als mathematische Tätigkeit ist also bei Kindern möglicherweise mit anderen Vorstellungen und Konzepten verbunden, als das in der Wissenschaft vermutet wird. Die vorliegende Analyse der Schulbücher bildet daher nur den Auftakt von drei Untersuchungen, die die Verwendung von Diagrammen analysieren. Dieser Teil stellte eine detaillierte Auseinandersetzung auf der Objektebene der Diagramme dar, die hier isoliert von Setting und Adressaten betrachtet wurde. Die gebildeten Klassen dienen in der weiteren Arbeit als begriffliche Grundlage, um sich als Nächstes mit den Diagrammen in Verbindung mit Interpreten auseinanderzusetzen.

5 Qualitative Interviewstudie

Der Zeichenprozess bestehend aus drei Ebenen wurde im vorangegangenen Kapitel zunächst auf der Sachebene mit einer syntaktischen Perspektive analysiert, bei der eine Klassifizierung entstanden ist. Bei der Einteilung der Diagramme konnten erste Hypothesen und mögliche Einflussfaktoren herausgearbeitet werden, die in den kommenden Teilen intensiv in der Tätigkeit des Lesens mit den Kindern untersucht und wobei weitere Faktoren identifiziert und geprüft werden sollen. Die klassifizierten Diagramme geben Anhaltspunkte zu Kompetenzen, die beim Lesen von Diagrammen benötigt werden und Auffälligkeiten von Diagrammen wurden herausgearbeitet. Bei dieser ersten Studie wurde deutlich, dass beim Verstehen von Diagrammen auch das Verstehen und Verarbeiten von Informationen via ikonischer Bilder in die weitere Analyse miteinbezogen werden muss, was eine speziellere Lesekompetenz erfordert als im Mathematikunterricht gewöhnlich vermittelt wird. Aufbauend auf der Sachanalyse sollen als Nächstes Untersuchungen auf der semantischen Ebene stattfinden. Die vorangegangenen Überlegungen und daraus resultierenden Thesen werden im nächsten Schritt eingesetzt, um die Interaktion von Kindern mit Diagrammen anhand von Interviews zu analysieren. Die Lernenden stehen also im Fokus und deren Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand ist Ziel der Untersuchung. Die Perspektive auf den Zeichenprozess wird damit gewechselt, sowie eine neue Dimension des Leseprozesses durch eine angepasste Untersuchungsmethode erschlossen.

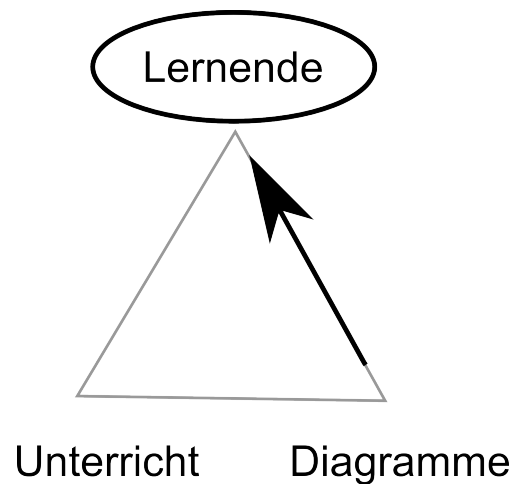


Abb. 5.1: Der Lernende als Bestandteil des Leseprozesses im Fokus

5.1 Theoretische Vorüberlegungen

5.1.1 Das Lesen von Diagrammen als Forschungsgegenstand

Im Mathematikunterricht spielt der Umgang mit Daten und Diagrammen eine wichtige Rolle, wenn es um den Realitätsbezug geht. Dabei werden allgemeine Kompetenzen zum Lesen von Daten und Diagrammen ausgebildet. Diagramme werden beispielsweise eingesetzt, um an ihnen funktionale Zusammenhänge aufzuzeigen und zu analysieren. Sie werden genutzt um Strukturen zu verstehen, mathematisches Denken und den Umgang mit Daten zu schulen. Diagramme haben demnach im Mathematikunterricht einen stärkeren Fokus auf syntaktische Aspekte und mathematische Fähigkeiten. Im Alltag oder in anderen Schulfächern sollen diese Kompetenzen an realen Kontexten angewendet werden. Die Anwendung geschieht aber zu einem anderen Zeitpunkt in einer anderen Umgebung. Im Biologieunterricht werden Diagramme eingesetzt, „sowohl zur Demonstration als auch zur Interpretation und Darstellung von Versuchsergebnissen“ (Kattmann, 2008). Der Sachinhalt (z.B. Geschwindigkeit beim Vogelflug) ist Teil eines (Biologie-)Kontextes und steht im Vordergrund. Das Diagramm wird genutzt, um Aussagen darüber treffen zu können (z.B. *Welches Tier ist am schnellsten?*). Demnach ist die Zielsetzung beim Einsatz von Diagrammen in den Fächern der Mathematik und Biologie unterschiedlich. Wenn Schülerinnen und Schülern aber lernen sollen mit Diagrammen zu arbeiten, sodass sie diese in realen Situationen anwenden können, so sollte auch darauf Rücksicht genommen werden.

Im vorangegangenen Teil der Arbeit wurden Diagramme klassifiziert, die in Biologiebüchern zu finden sind. Es zeigten sich zwei Phänomene: In den Biologiebüchern kommen Diagramme vor, die Kinder nicht im Mathematikunterricht lernen zu lesen. Sie unterscheiden sich von den etablierten mathematischen Diagrammen und sind bestimmt durch ihre Sachebene. Außerdem zeigte sich, dass in Schulbüchern grafische Elemente zur Illustration eingesetzt werden oder auch Bestandteil des Diagramms und damit Informationsquelle darstellen. Diese grafischen Elemente verändern Diagramme: Sie können einfach nur den Interpreten motivieren oder weitere Informationen geben, die helfen das Diagramm zu interpretieren. Die grafischen Elemente haben meist mit dem Sachinhalt des Diagramms zu tun. Der Sachkontext wird also auch über das Design dargestellt statt nur über die Daten. Welche Auswirkungen hat das für das Lesen der Diagramme?

Nach Roth und Bowen (2003) findet im Idealfall beim Lesen von Diagrammen ein strukturierender und ein interpretativer Prozess statt, bei dem die Bestandteile eines Diagramms (*content, sign, context, rules*) in angemessener Weise identifiziert und in Beziehung gesetzt werden. Durch die Einbindung von grafischen Elementen in Diagramme entsteht durch die verschiedenen Repräsentationsebenen nach der Kodierungstheorie von Paivio beim Lesen eine duale Kodierung des Diagramms (Schnotz, 2002). Diese Wechselwirkung kann zu synergetischen Effekten führen, so zumindest bei Bildern und Texten: Bei bekannten Repräsentationen kann es zu einem besseren Verständnis der Interpretation einer fremden Repräsentation führen (Ainsworth, 1999, S. 7). Es stellt sich dann in diesem Forschungskontext die Frage, wie die grafischen Elemente (z. B. das Bild einer Kuh) als zusätzliche Repräsentation auf das Lesen des Diagramms (z. B. zur Milchleistung von Kühen) wirken. Durch die verschiedenen Repräsentationen (Daten, grafische Elemente etc.) wirkt nicht nur eine Repräsentation auf den inhaltlich biologischen Sachkontext, sondern mehrere gleichzeitig. Bei der Untersuchung des Lesens von Diagrammen müssen auch diese Wechselwirkungen bedacht werden, wenn der fächerübergreifende Kontext mit berücksichtigt werden soll. Es liegen andere Wechselwirkungen vor als in vorherigen Studien (Lachmayer, 2008; Roth & Bowen, 2003), die nur die Repräsentationsebene des Diagramms fokussieren. In diesen Arbeiten wurde außerdem gezeigt, dass es Lesern schwer fällt unbekannte Diagramme, die nicht aus ihrem eigenen Forschungsgebiet stammen, zu interpretieren (Roth & Bowen, 2003). Demnach könnte es auch Schülerinnen und Schülern schwerer fallen Diagramme, die sie nicht aus dem Mathematikunterricht kennen, zu lesen. Es ist allerdings möglich, dass sich dieser Effekt durch die unterstützende bildliche Repräsentationsebene aufhebt und der Zugang zu unbekannten (wie den biologisch motivierten) Diagrammen gerade durch die grafische Gestaltung erleichtert wird.

Dieser zweite empirische Teil der Arbeit will nun das Lesen der Diagramme in den Vordergrund rücken und dabei die Lernenden in den Fokus setzen, nachdem im vorangegangenen Kapitel der Zugang über die Diagramme zum Forschungsgegenstand gewählt wurde. An dieser Stelle wird nun die Perspektive gewechselt und die Interpretieren der Diagramme, die Schülerinnen und Schüler als Lernenden, betrachtet. Dabei wird die zuvor entwickelte Klassifizierung als Grundlage genommen und damit fließen die Ergebnisse des vorherigen Teils in die Untersuchung mit ein.

5.1.2 Das Interview in der mathematikdidaktischen Forschung

In der qualitativen mathematikdidaktischen Forschung werden verschiedene Interviewmethoden genutzt, um Erkenntnisse über Lehr-Lernprozesse zu gewinnen (z.B. Selter & Spiegel, 2001; Prediger & Link, 2012; Philipp, 2013; Schnell, 2013; Eichler & Vogel, 2012). Dabei ist die Interviewsituation meistens eine Lernumgebung, in der Kinder an einer Aufgabe arbeiten und ihr Prozess dabei begleitet oder beobachtet wird.

Ursprünglich wurde das *klinische Interview* häufig als Interviewmethode eingesetzt (Beck & Maier, 1993, S. 147). Es ist ein halbstandardisiertes Verfahren mit dem Ziel die Denkweisen der Kinder offen zu legen (Selter & Spiegel, 2001, S. 101). Eine weitere eingesetzte Methode mit ähnlicher Zielsetzung bilden Designexperimente, die auf Brown Brown (1992) und Collins Collins (1992) zurückzuführen sind. Bei dieser Methode stehen die Lehr-Lern-Prozesse stärker im Vordergrund anstelle der reinen Diagnose der Denkweisen. So werden hier „Forschung und Entwicklung“ miteinander verbunden (Prediger & Link, 2012). Die Methode kann auch auf Lernumgebungen angewandt werden, die über eine unmittelbare Kommunikation zwischen Versuchsteilnehmer und Forscher hinaus gehen (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003, S. 9). Bei Designexperimenten ist es dem Versuchsleiter möglich, stärker in die Versuchssituation einzugreifen, statt nur diagnostisch tätig zu sein. Eine weitere Interviewform, die einen halboffenen Charakter hat, ist das problemzentrierte Interview von Witzel (1982), das auch einem offenen Gespräch nahe kommt und sich auf eine Problemstellung konzentriert (Mayring, 2002, S. 67). Diese Problemstellung bezieht sich jedoch stärker auf eine Lebenssituation von der die Versuchsperson berichtet als darauf, eine Aufgabe zu bewältigen (Eichler, 2005).

Die in diesem Projekt eingesetzte Methode entspricht keiner der vorgestellten Methoden, aber ähnelt am ehesten der des klinischen Interviews. Sie unterscheidet sich von klinischen Interviews dahingehend, dass die Interviewerin nicht nur die Denkweisen des Kindes erfahren will, sondern auch den Prozess des Lesens von Diagrammen begleitet, beobachtet und dabei nachfragend oder helfend reagiert.

Als Aufgabenstellung steht ein Diagramm im Zentrum des Interviews, das die Kinder lesen und interpretieren sollen. Sie erfüllen hierbei keine Aufgabe, die sie unmittelbar lösen sollen, sondern in der Interaktion untereinander oder mit der Interviewerin soll deutlich gemacht werden, wie sie das Diagramm lesen. Außerdem dient die Methode dazu, dass die Kinder ihre Vorstellungen im Bezug auf die Diagramme äußern und sich auch untereinander auszutauschen.

5.2 Zur Forschungsfrage

Die Verbindung der beiden Fächer Mathematik und Biologie mit deren spezifischen Anforderungen ergeben ein noch wenig untersuchtes Forschungsgebiet beim Lesen von Diagrammen. Deswegen ist notwendig, einen möglichst freien und unbefangenen Zugang zu finden. Dazu geeignet ist ein offenes Forschungsdesign mit offenen und fundamentalen Forschungsfragen, die sich mit dem Lesen der Diagramme beschäftigen und die Dimensionalität des Lesens genauer erfassen. Vor der Erhebung stand fest, dass sich die Interviews mit dem Lesen von Diagrammen beschäftigen sollen, die Forschungsfragen dazu konnten jedoch erst während der Auswertung explizierter formuliert werden. Zuvor war noch nicht sichtbar, welches Potential die Daten haben und wohin die Analyse führt, sodass die Forschungsfragen (1) weit gefasst wurden und Frage (2) sich in der Analyse ergeben hat und beantwortet werden konnte.

1. *Wie lesen Kinder Diagramme?*
2. *Was sind mögliche Einflussfaktoren beim Lesen der Diagramme?*

5.3 Methode

Zur Analyse des Leseverständnisses von Diagrammen mit Fokus auf die Schülerinnen und Schüler als Adressaten wurden qualitative Interviews durchgeführt. Im folgenden Kapitel werde ich die einzelnen Überlegungen zur Planung und Durchführung und die Bestandteile erläutern. Die Einordnung der Interviews mit einem qualitativen Design wurde in Kapitel 5.1.2 genauer beschrieben. Außerdem werden die Stichprobe und die Zusammensetzung der Teilnehmer im Abschnitt 5.3.1 vorgestellt. Der Interviewleitfaden wird in Abschnitt 5.3.2 beschrieben und ein Diagramm (siehe Abbildung 5.4), das im Interview eingesetzt wurde, exemplarisch erläutert. Es gab zwei Erhebungszeiträume, bei dem der zweite sich leicht vom ersten unterscheidet. Die Notwendigkeit hierzu entstand während der Analyse der ersten Daten und muss deswegen auch in Zusammenhang mit dieser gesehen werden. Explizit wird die Moti-

vation dafür im Abschnitt 5.4.2 dargelegt, sowie die Unterschiede der Stichprobe im Abschnitt 5.3.1 erläutert werden.

Die Auswertungsmethode und der -prozess der Interviews wird in Kapitel 5.4.1 erläutert, bevor die Ergebnisse im Detail (Kapitel 5.5) vorgestellt und diskutiert (Kapitel 5.6) werden.

5.3.1 Auswahl der Stichprobe und Erhebungszeitraum

Die Interviews wurden von Mai bis Juni 2012 (1. Phase) an zwei Gymnasien und einer Realschule durchgeführt, weitere Interviews (2. Phase) im Januar 2013. Die Kinder wurden in Paaren interviewt, um eine angenehme Atmosphäre für sie herzustellen und eine Situation zu schaffen, in der sie ihre eigenen Gedanken natürlich äußern, statt sich an den Erwartungen der Interviewerin zu orientieren (vgl. Selter & Spiegel, 2001, S. 106). Insgesamt nahmen 20 Schülerinnen und Schüler im Alter von 10-12 Jahren an der Studie teil. Damit sind die Interviews nicht als Einzelfallstudie anzusehen, dennoch ist ein qualitatives Verfahren zur Auswertung geeignet (Helfferich, 2005, S. 175). Das Geschlechterverhältnis war mit neun Mädchen und elf Jungen ausgeglichen. Zwei Versuchspersonen partizipierten an zwei Interviews ohne dass dabei das gleiche Diagramm wiederholt eingesetzt wurde.

Die Teilnahme der Studie war freiwillig und erforderte die Einverständniserklärung der Eltern. Die Auswahl der Kinder wurde von den Lehrpersonen getroffen, sofern mehr Freiwillige zur Verfügung standen als benötigt.

1. Phase

In der ersten Phase wurden die Interviews an je einer 5. Klasse einer Realschule und eines Gymnasiums durchgeführt, weitere im Rahmen einer Nachmittagsbetreuung eines Gymnasiums (5. und 6. Klasse). Insgesamt nahmen 16 Schüler und Schülerinnen in neun Interviewpaaren an der 1. Phase der Studie teil. Zwei Kinder wurden je zweimal interviewt, damit jeweils Interviewpaare gebildet werden konnten. Dabei wurden jedes der acht Diagramme an drei bis fünf Interviewpaaren getestet und insgesamt entstanden damit Interviews zu 31 Diagrammen.

2. Phase

In der zweiten Phase im Januar 2013 wurden vier Schüler im Alter von 10 Jahren im Rahmen einer Arbeitsgruppe „Umwelt“ eines Gymnasiums zu je vier Diagrammen befragt. Der Umfang und die Dauer der Interviews entsprechen den Rahmenbedingungen der ersten Phase.

Die Motivation eine zweite Phase durchzuführen, sowie eine Begründung der veränderten Auswahl der Diagramme, werden im Abschnitt 5.4.2 dargelegt.

5.3.2 Der Interviewleitfaden

Die eingesetzten Leitfragen zu den einzelnen Diagrammen dienten hauptsächlich als Dialogstütze, um das Gespräch am Laufen zu halten. Neben überwiegend offenen allgemeinen Fragen, gab es zu den einzelnen Diagrammen weitere konkretere Fragen, die spezieller auf das gegebene Diagramm zugeschnitten waren. Dennoch sollten die Interviews möglichst offen durchgeführt werden. Um die Ideen und Interpretationen der Kinder zu erfassen, wurden daher nicht immer alle Leitfragen eingesetzt. Der Leitfaden bestand bei allen Interviews aus unstrukturierten und ergebnisorientierten halbstrukturierten Fragen. Das sollte ermöglichen, zu erfahren, ob und wie die Kinder Daten ablesen können, ihre Interpretationen zu hören und Raum zu lassen, was sie darüber hinaus zu den Diagrammen zu sagen haben. Damit sollte ein breites Spektrum an Gesprächsmöglichkeiten vorhanden sein, was dem offenen Forschungsdesign entspricht. Die Leitfragen zielten sowohl auf die semantische Ebene des Diagramms, um über den biologischen Kontext des Diagramms reden zu können, als auch auf die syntaktische Ebene, um einen Eindruck über das mathematische Verständnis der Kinder zu bekommen. Darüber hinaus sollten die Fragen dazu anregen, die Kinder offen über die Diagramme sprechen zu lassen, um auch Raum für persönliche oder weiterführende Gedanken zu lassen. Manche Fragen sollten konkrete Hilfestellungen geben, um die Thematik des Diagramms zu erfassen.

Folgende Fragen wurden unabhängig des Inhaltes für die Diagramme entwickelt und je nach Gesprächssituation eingesetzt:

1. Was seht ihr auf dem Bild?
2. Wovon handelt das Diagramm?
3. Fällt euch sonst noch etwas auf?
4. Könntet ihr das auch anders darstellen?⁸

Indem bei den Fragen zwischen „Bild“ und „Diagramm“ sowie „sehen“ und „handeln“ unterschieden wird, sollten sowohl Antworten auf beschreibender als auch interpretativer Ebene möglich sein. Gleichzeitig sind die Fragen so unstrukturiert, dass sie zu einem allgemeinen Gesprächseinstieg geeignet sind, ohne den Kindern eine bestimmte Interpretationsrichtung vorzugeben. Die dritte Frage sollte einen Überblick geben, ob die Kinder auch andere Diagrammformen kennen und zwischen den verschiedenen Einsatzmöglichkeiten und Repräsentationen unterscheiden können. Einige Diagramme können ohne größere Veränderung durch eine andere Form dargestellt werden (vgl. Abb. 5.2), bei anderen ist dies nur schwer möglich (vgl. Abb.

⁸Diese Frage wurde zu jedem Diagramm eingesetzt.

5.3), weswegen die Frage nicht immer eingesetzt wurde. Frage 3 wurde angewandt, wenn ein Gesprächspunkt abgeschlossen war, aber die Vermutung der Interviewerin bestand, dass der Gesprächsbedarf über das Diagramm noch nicht ausgeschöpft war, um damit den Kindern die Möglichkeit zu geben neue, eigene Vorstellungen in den Dialog zu tragen.

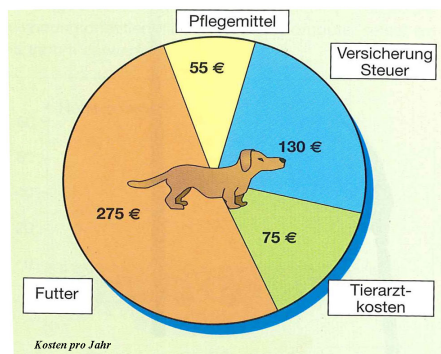


Abb. 5.2: Kreisdiagramm zu den Kosten eines Hundes (*Erlebnis Natur & Co. 1*, 2004).

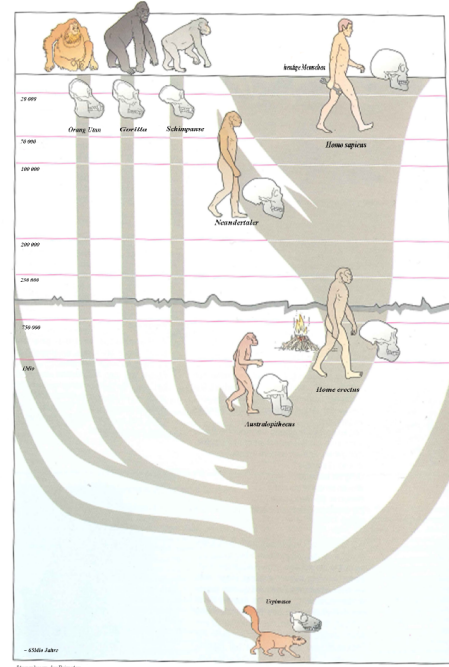


Abb. 5.3: Diagramm eines Stammbaums (*Umwelt: Biologie : 9/10*, 1997).

Weitere Leitfragen zu den einzelnen Diagrammen bezogen sich auf das Ablesen einzelner Datenpunkte oder darauf, die Daten im Gesamtverlauf zu betrachten. Vereinzelt wurden bestimmte biologische Hintergründe aufgegriffen und danach gefragt, was die Kinder in dem Diagramm dazu ablesen können (*Wann beginnt der Winterschlaf? Was kannst du über die Abstammung des Menschen anhand dieser Grafik ablesen?*) und worin sie allgemein die Ursachen der Daten sehen (*Was meinst du, wodurch die Arten gefährdet sind?*).

5.3.3 Exemplarisches Diagramm

Die Breite und Tiefe des Lesens der eingesetzten Diagramme⁹ soll mit dem Leitfaden untersucht werden und dabei werden sowohl reines Ablesen als auch Interpretationen des Diagramms von den Kindern erwartet. Der nachfolgende Erwartungshorizont zu dem „Diagramm zur Milchleistung“ zeigt exemplarisch nicht nur mögliche Antworten sondern auch Problematiken die bei diesem Diagramm auftreten können, sowie eine kritische Auseinandersetzung mit der Darstellung.

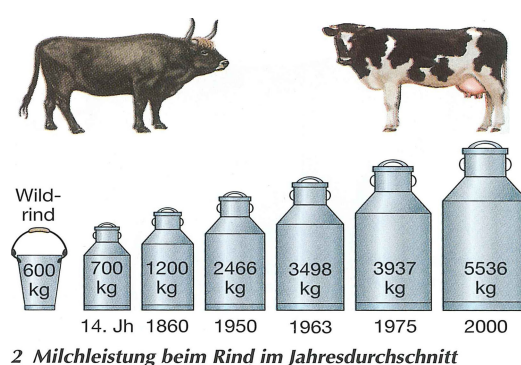


Abb. 5.4: Diagramm zur Milchleistung (*Erlebnis Natur & Co. 3* (2005)).

Diagramm zur Milchleistung

Das Diagramm zeigt einen Eimer und sechs Kannen, in denen eine Kilogramm-Angabe steht. Unter den Kannen sind Jahreszahlen abgebildet, über den Kannen zwei verschiedene Rinder. Die Milchkannen werden gleichmäßig größer, die Jahreszahlen sind in unregelmäßigen Abständen angegeben. Die Bildunterschrift lautet *Milchleistung beim Rind im Jahresdurchschnitt*. Über dem Eimer ist die Beschriftung *Wildrind*, dazu gibt es keine Angabe einer Jahreszahl.

Das Diagramm soll die Entwicklung der Milchleistung in mindestens den letzten 600 Jahren darstellen. Dabei hat sich die Menge an Milch, die ein Rind abgibt insgesamt fast verzehnfacht. Die Datenzeitpunkte sind nicht gleichmäßig verteilt: So beginnt die Darstellung bei der Milchleistung eines Wildrindes ohne Zeitangabe, weiter geht es mit einem Datenpunkt für das 14. Jahrhundert und die letzten vier Datenpunkte sind aus der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts. Die Milchleistung stieg kontinuierlich. Die ersten Datenpunkte zeigen eine annähernde Verdopplung in einem Zeitraum von 400 Jahren, danach eine Verdopplung innerhalb von 100

⁹Alle eingesetzten Diagramme befinden sich im Anhang

Jahren, sowie auch in den letzten 50 dargestellten Jahren. Die Milchkannengröße steigt jeweils linear an, aber ihre Größe passt nicht zu den angegebenen Werten. Die Größenverhältnisse stimmen nicht überein. Bei den numerischen Werten ist kein gleichmäßiger Anstieg eines Datenpunkts zum nächsten gegeben, bei der Größe der Milchkannen jedoch schon. Die Größe und die numerischen Daten passen demnach nicht zusammen. Die Milchkannen geben daher einfach nur eine Umrandung der Daten an, in unterschiedlichen Größen ohne sinnvolle mathematische Repräsentation. Zur Visualisierung des tatsächlichen Verlaufs wäre ein Liniendiagramm besser geeignet, allerdings ist die Darstellung durch die unregelmäßigen Abstände der Erhebungszeiträume problematisch. Es zeigt sich hierbei deutlicher stärker die zunehmende Steigung im letzten Jahrhundert (vgl. Abbildung 5.5).

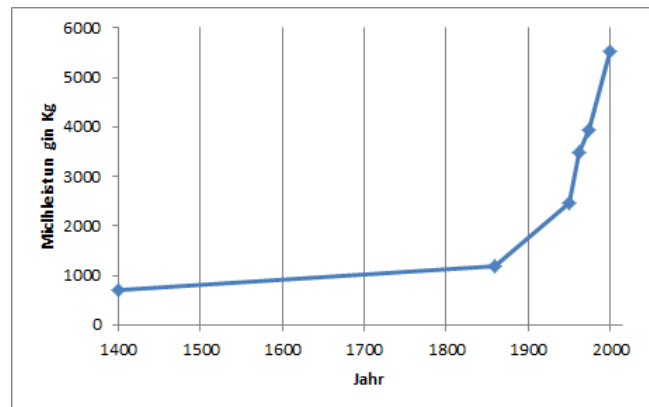


Abb. 5.5: Darstellung in einem Liniendiagramm

Die beiden abgebildeten Rinder, zum einen ein Auerochse als Repräsentant des Wildrinds, zum anderen ein Holstein-Rind als Synonym der heutigen gezüchteten Milchkuh, verdeutlichen die Entwicklung des Rindes über die Zeit. Wildrinder gibt es zur heutigen Zeit nur noch sehr selten und der Auerochse starb im 16. Jahrhundert aus. Abzulesen ist, dass die Milchleistung zugenommen hat. Bei genauerer Betrachtung der Daten fällt auf, dass gerade in den letzten 60 Jahren die Milchleistung deutlich stärker angestiegen ist als die 600 Jahre zuvor. Die Angabe zu dem Wildrind mit einer Leistung von 600 kg ist zeitlich aus dem Diagramm allerdings nicht einzuordnen, sondern erfordert Kontextwissen zu der Problematik.

Das Diagramm stammt aus einem Schulbuch der 10. Klasse aus einem Kapitel über Vererbung und Erbgregeln, wobei die Kombinationszüchtung als Anwendung der Erbgregeln betrachtet wird. Das Ergebnis der Züchtung ist die heutige Milchkuh, bei der eine Steigerung der Milchleistung im Vordergrund steht.

Neben dem Ablesen der Daten und deren Vergleich bietet das Diagramm viel Potential für die Gesprächssituation und auch kritische Punkte, wie die auffallend unpassenden Größenverhältnisse oder die ungleichmäßigen zeitlichen Abstände der Datenpunkte können von den Kindern angesprochen werden.

5.4 Auswertungsphase

5.4.1 Analyse mit der Grounded Theory Methodology

Im Folgenden wird die Grounded Theory als eingesetzte Auswertungsmethode allgemein erklärt und dann die Umsetzung anhand der einzelnen Schritte verdeutlicht. Die Auswertung und Ergebnisse werden in diesem Verfahren nicht separat betrachtet, da im Prozess der Grounded Theory inhaltlich relevante Zwischenergebnisse Teil der Auswertung und der Ergebnisse sind. Daher finden sich in Kapitel 5.5 weitere Erläuterungen zum methodischen Vorgehen in Verbindung mit Ergebnissen, die methodische Entscheidungen begründen.

Die Interviews sollten helfen die Dimensionalität des Lesens von Diagrammen mit biologischem Kontext und die damit zusammenhängende Lesekompetenz zu erfassen. Dies kann über Beobachtung, Beschreibung und Erklärung des Phänomens geschehen und zielt auf eine hypothesengenerierende statt -prüfende Forschungsarbeit ab (Bortz & Döring, 2006, S. 30f). „Qualitative oder interpretative Zugänge orientieren sich [...] am Ziel einer möglichst gegenstandsnahen Erfassung der sozialen Phänomene und zielen auf eine ganzheitliche Analyse des Gegenstandes“ (Krüger & Pfaff, 2008, S. 158) und sind daher eine angemessene Methode zur Untersuchung des Leseprozesses von Diagrammen. Zur Analyse eignet sich daher eine qualitative und entdeckende Methode wie die Grounded Theory Methodology (Flick, 2012, S. 476) nach Strauss und Corbin (1996). Die daraus gewonnenen Erkenntnisse und Hypothesen sollen im weiteren Verlauf des Projektes vertieft in einer weiteren Studie betrachtet werden.

Entstanden ist die Grounded Theory (vgl. Glaser & Strauss, 2005) in der 1920er und 1930er Jahren in der *Chicagoer Schule* „unter dem Einfluss des Pragmatismus“ als „eine besonders alltagsnahe Forschung“ (Bortz & Döring, 2006, S. 304). Das Kernstück der Grounded Theory ist die Entwicklung eines Kategoriensystems, in dem Kategorien und Subkategorien fein miteinander verankert (*grounded*) sind (Bortz & Döring, 2006, S. 332).

Das Kategoriensystem wird in drei Phasen des Kodierens erstellt. Dabei sind die Übergänge der Phasen zirkulär und ineinander fließend. Angefangen mit dem **offenen** über **axiales** bis zum **selektiven** Kodieren entsteht am Ende ein Kategoriensystem.

Während des Prozesses werden als Hilfe immer wieder Memos und Arbeitshypothesen als „schriftliche Formen unseres abstrakten Denkens über die Daten“ (Strauss & Corbin, 1996, S. 170) erstellt, um das Kategoriensystem als integriertes Ganzes zu formulieren und in den Daten zu festigen.

Für die praktische Umsetzung und Kodierung wurde das Computerprogramm MAXQDA 10 verwendet. Als Vorbereitung zur Analyse wurden die einzelnen Interviews mit den Schülerpaaren in Auswertungseinheiten unterteilt, um eine Struktur für die Entwicklung des Kategoriensystems zu erhalten (Mayring, 1997, S. 59). Eine Einheit entspricht hierbei einem Gespräch mit einem Schülerpaar zu einem Diagramm. Die einzelnen Einheiten wurden in eine Dokumentstruktur zusammengefasst in MAXQDA 10. Dort wurden die Dokumente nach Diagrammen in eine Dokumentgruppe sortiert. Dennoch ist aus der Bezeichnung ersichtlich gewesen, zu welchem Schülerpaar das jeweilige Dokument gehört. Die einzelnen Einheiten wurden zusammen mit den anderen Interviews des jeweiligen Schülerpaars paraphrasiert und grobe Auffälligkeiten zur Diagrammeinheiten und zu den Schülerpaaren dabei insgesamt in Memos notiert¹⁰.

Der Prozess der Analyse beginnt mit dem offenen Kodieren der Transkripte. Hier geschieht das „Aufbrechen der Daten“, bei dem Phänomene beobachtet, benannt und „konzeptualisiert“ werden. Auch Farbkodes dienen dazu auffällige Textstellen zu markieren, um sich damit zu einem späteren Zeitpunkt intensiver auseinanderzusetzen, da sie in dieser Phase noch nicht vollkommen erfasst werden konnten, aber der Eindruck entstand, dass sie für den weiteren Verlauf relevant sein könnten. Das offene Kodieren dient dazu, einzelne Bestandteile des Prozesses zu benennen und Faktoren festzuhalten, die mit diesem Leseprozess zusammenhängen. Die Codes werden mit Memos begleitet und immer wieder wird ein fragender Prozess eingeleitet, der versucht, relevante Textstellen zu identifizieren um das Leseverständnis von Diagrammen dadurch besser erfassen zu können.

Im nächsten Schritt geht das offene in das axiale Kodieren über. Im zirkulären Vorgehen zwischen offenem und axialem Kodieren wurde versucht Kategorien untereinander in Beziehung zu setzen, so dass eine Struktur von Haupt- und Subkategorien entsteht. Es wurden immer wieder Metafragen gestellt und versucht die einzelnen Codes in Beziehung zueinander zu stellen. Dabei dienten Metafragen dazu, die Codes zu organisieren und die Kategorien zu verschärfen. Dieser Prozess wurde zusätzlich durch analoge Visualisierung der Codes an einer Wand begleitet, um sie besser organisieren zu können. Konkret wurden dabei die Codes thematisch aneinander geschoben, um

¹⁰Das Diagramm selbst konnte ebenfalls in MAXQDA eingefügt werden, in die jeweilige Dokumentgruppe und wurde ebenfalls kodiert.

die inhaltliche durch räumliche Nähe visualisieren und eine Tendenz von Haupt- und Subkategorien deutlich zu machen. Gleichzeitig wurden erste Hypothesen aufgestellt, auf welche die Kodes eine Antwort geben könnten. Es zeichneten sich dabei die ersten Indizien ein Kategoriensysteme ab mit zwei Merkmalen, wobei eins mehr auf die Tätigkeit Lesen und das andere eher auf die Fähigkeiten der Kinder beim Lesen zu beziehen ist.

Als letzter Kodiervorgang dient das selektive Kodieren - das Erfassen und Benennen der Kernkategorien, als Vorbereitung zur Generierung der Hypothesen oder der Theorie. Dabei wird die Verbindung der Kategorien expliziter und einzelne Phänomene deutlich herausgearbeitet (Strauss & Corbin, 1996, S. 107). In dieser Analyse schließt die Analyse mit dem Ergebnis eines Konzeptes (siehe 5.5.3). Im Abschnitt 5.5 wird deutlich, wie genau die Phänomene herausgearbeitet wurden und welche begleitenden Metafragen zur Systematisierung notwendig waren.

Durch die Methode des ständigen Vergleichens in der Analyse und der ständigen Erstellung von Fragen und Arbeitshypothesen wurden die zentralen Elemente der Analyse deutlich: Den Kern des entstandenen Kategoriensystems bilden die Hauptkategorien. In dieser Arbeit entsprechen die **Handlungsfeldern** beim Lesen der Diagramme den Hauptkategorien, sowie weitere Hauptkategorien stellen die **Einflussfaktoren** beim Lesen von Diagrammen dar.

5.4.2 Die weitere Felderhebung

Zirkuläre Strategien sind gerade in qualitativen Forschungsvorhaben von Bedeutung (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014) und die Notwendigkeit dieser zeigte sich auch während dieser Untersuchungen. Während der Auswertung der Daten der 1. Phase zeichnete sich ab, dass in der Analyse zwei verschiedene Faktoren besonders hervortreten:

- die Darstellung der Diagramme
- die Vorstellungen bzw. das Vorwissen der Kinder zum Sachinhalt

Diese beiden Faktoren wurden in der Analyse als relevant identifiziert, jedoch war das Material noch nicht ausreichend und nicht genügend aufbereitet, um hierüber genauere Aussagen zu treffen. Die Interviews in der 1. Phase begünstigten eine Untersuchung dieser Faktoren, jedoch war das Material dazu nicht gesättigt. Um die ersten sich abzeichnenden Thesen genauer zu untersuchen, sollte eine weitere Feldphase eingeleitet werden. So konnten die vorläufigen Ergebnisse gestärkt und verschärft werden, sowie weitere bisher nicht aufgetretene Phänomene beobachtet werden.

In dieser 2. Phase sollte das Interview spezielle Aspekte und Fragestellungen genauer untersuchen und mögliche Einflussfaktoren dabei besonders betrachten und Störfaktoren während der Untersuchung eliminieren. Dazu wurden die Leitfragen leicht verändert und zwei neue Diagramme zu den Versuchsgegenständen aufgenommen. In der zweiten Phase kamen deshalb insgesamt zwei neue Diagramme und zwei Diagramme aus der 1. Phase zum Einsatz. Damit sollte sichergestellt werden, dass nicht nur durch die neuen Diagramme das vermutete Phänomen unterstützt wird, sondern dass es sich auch bei den Diagrammen der ersten Phasen wiederholt zeigt. Jedoch war nicht nur das Eintreten an sich war relevant, sondern ebenso wichtig die Dimensionalität dieser beiden Faktoren zu identifizieren, die im kommenden Abschnitt erläutert wird.

Zur Variation der Darstellung

Es sollte ein Diagramm mit gleicher Thematik wie in Phase 1 verwendet werden, bei dem die grafischen Elemente minimal sind und die Darstellung eher mathematisch betont ist. Dazu eignete sich ein Diagramm, das sich ebenfalls mit der Thematik „Evolution“ befasst.

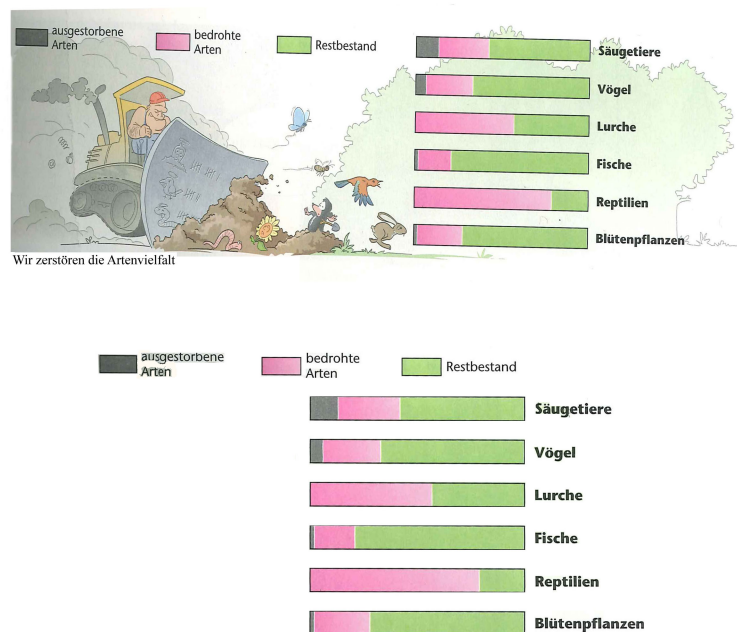


Abb. 5.6: Das Diagramm „Artenvielfalt“ mit und ohne grafischen Elementen (*Prisma Biologie 7-10*, 2005)

Das Diagramm „Artenvielfalt“ (Abbildung 5.6) wurde erneut eingesetzt. Ein gezielter Blick auf Aussagen zur *Ursache* für den Artenrückgang, die *fehlenden Prozentangaben*

in der Darstellung und die damit zusammenhängende Beurteilung der *Gesamtanzahl* der verschiedenen Tierarten sollten Kriterien darstellen um zu sehen, ob die Darstellungsvariation die Interpretation verändert. Vor der 2. Phase entstand die Hypothese, dass die Kinder bei einem Diagramm mit grafischen Elementen eher auf diese Faktoren schließen als bei einem Diagramm ohne. In den Transkripten zeigte sich außerdem, dass die Interviewerin Fragen nach diesen Themen oft im Interview vorgriff, da sie Teil des Leitfadens waren und so konnte eine eigenständige Motivation von den Kindern nicht beurteilt werden. Dieser Aspekt sollte in der zweiten Feldphase genauer beobachtet werden und die Nachfrage nach der Ursache nicht oder nur weit zurück gestellt werden.

Zur Variation der Vorstellungen und dem Vorwissen

In den Kategorien und Zusammenfassungen der Interviews wurde vermutet, dass die Kinder das Diagramm vorwiegend aufgrund ihrer Vorstellungen und ihres Vorwissens zu der Thematik interpretieren und dann das Lesen der Datenpunkte vernachlässigen. Dabei werden die Daten den eigenen naiven Konzepten angepasst bis es möglicherweise zu einem kognitiven Konflikt kommt. Bei der Erfassung der Thematik scheinen Kinder durch ihre Vorstellungen und ihr Vorwissen in ihrer Interpretation geprägt zu sein. Das kann hilfreich sein oder bei naiven Konzepten zu Konflikten führen. Dieses Phänomen wirft Fragen auf, die sich in diesem Zusammenhang stellen und durch die weitere Erhebung beantwortet werden sollten: Wie gehen Kinder allerdings mit Diagrammen um, deren Kontext und Absicht ihnen unbekannt ist? Welche Aussagen können Kinder anhand des Diagramms treffen ohne dazu Vorstellungen zu haben?

Geeignetes Material musste dazu gefunden werden, zu welchem die Kinder wenig bis keine Vorstellungen haben. Dazu wurde ein Diagramm ausgewählt, das die Bayer'sche Regel an dem Beispiel der Finken darstellt und in der zweiten Phase eingesetzt.

In dieser Phase sollte ein weiterer Effekt untersucht werden, der sich darauf bezieht, dass das Diagramm in ein vorbereitetes Setting eingebunden ist und damit die Vorstellungen der Kinder kontrolliert. Ein Diagramm sollte zusätzlich einen Text enthalten, der den Kontext klarer bezeichnet. Dazu eignete sich aufgrund der Erfahrung aus der ersten Phase das Diagramm zur *Milchleistung* (Abb. 5.4). Bei diesem waren in der ersten Phase auffällig die weit gestreuten Interpretationen und die hergestellten Bezüge zur Lebenswelt der Kinder.

Auszüge aus dem Transkript¹¹ zweier Interviews zeigen diese Auffälligkeiten:

¹¹Die Transkriptionsregeln befinden sich im Anhang

Aw2¹²: SCHON MAL MEHRERE //KÄLBCHEN//

Aw1: //KÄLBCHEN// GEKRIEGT HAT UND IMMER DIE MILCHDRÜSE SCHON
IMMER AUSGEBREITETER WAR.

Bm4: JA. DAS WILDRIND HAT AUCH NOCH NICHT DIESE FLECKEN.

Bm5: UND MAN SIEHT DEN EUTER GAR NICHT SO WIRKLICH, ALSO MAN
SIEHT IHN (EIGENTLICH?) GAR NICHT.

Bm4: UND ICH FINDE, SO DIE JETZIGE KUH IST EIN BISSCHEN ECKIGER
GEWORDEN. (11 s) UND WILDRINDER, ICH WEISS NICHT, OB DAS JETZT
IMMER NOCH SO IST, GEBEN NICHT SO VIEL MILCH WIE DIE DANN/

Es zeigt sich, dass den Kindern die Verknüpfung der grafischen Elemente zur Thematik nicht vollständig gelingt. Sie ziehen daraus zwar zusätzliche Informationen, aber die Begründungen für die Daten sind recht phantasievoll. Deshalb wurde das Diagramm in der 2. Phase erneut eingesetzt, jedoch diesmal ergänzt mit einem Text aus der Originalquelle zur Verdeutlichung der Veränderung der Tierprodukte durch Züchtung. Dabei stellt sich die Frage: Wie verändert sich nun die Interpretation der Kinder, wenn sie zu dem Diagramm einen Text über Züchtung erhalten? Untersucht werden soll, ob dadurch die Antworten angepasster an den vorgegebenen Kontext werden.

Diese weiterführenden Fragen können nicht im einzelnen valide beantwortet werden, sondern sind im Forschungszusammenhang zu sehen. Sie dienten als Metafragen, die notwendig waren um bei der weiteren Analyse die Daten zu systematisieren sowie die Kategorien miteinander zu verknüpfen und zu verschärfen. Sie waren somit wichtiger Bestandteil des selektiven Kodierens indem das Konzept des Lesens der Diagramme entstand, das im Ergebnisteil vorgestellt wird.

5.5 Ergebnisse

5.5.1 Kategorienfindung

Der Ausdruck „Lesen“ ist stark durch unseren alltäglichen Gebrauch geprägt und deswegen nicht differenziert genug, um ihn zu verwenden. Lesen ist sowohl ein spezifischer Bestandteil des Prozesses als auch eine Beschreibung des übergeordneten Prozesses. Deswegen wird „Tun“ temporär als ein Hilfsverb eingeführt um den Prozess zunächst möglichst begriffsfrei zu beschreiben und den Begriff „Lesen“ zu vermeiden. „Tun“ bedeutet in dem Kontext all das, wie die Kinder in dieser Interviewsituation

¹²Anstatt der Namen erhielten die Interviewpartner im Skript einen Kode aus Kombination von Schule/Geschlecht/Nummer

sich mit dem Diagramm auseinandergesetzt haben. Es wird schnell ersichtlich, dass das nicht nur Lesen beinhaltet. Das Tun, also der Prozess des Lesens, sollte genauer erfasst werden und die einzelnen Bestandteile dieses Tuns konkretisiert werden. Ziel ist es, das Lesen des Diagramms, also das Tun, der Kinder genauer zu definieren. Dabei wurde das Tun in folgende einzelne Fragen eingeteilt

- WAS tun die Kinder?
- WOMIT tun sie es?
- WIE tun sie es?

Diese einzelnen Fragen halfen bei der Analyse eine klarere Struktur in die einzelnen Kodes zu bringen und sie im Verlauf und Anschluss an das axiale Kodieren konzeptuell zu verknüpfen. Daraus sollte ein Schema oder System entstehen, das den Prozess genauer beschreibt ohne ihn in (lineare) Stufen einzuordnen. Diese konzeptuelle Verknüpfung ist in dieser Analyse vergleichbar mit dem Kodierparadigma wie es in dem Sinne von (Strauss & Corbin, 1996) verwendet wird. Durch die immer wieder zirkuläre Analyse und weitere Memos in Form von Fragen und Arbeitshypothesen bis hin zur Sättigung entstand ein Schema bei dem Hauptkategorien und Einflussfaktoren herausgearbeitet sind.

5.5.2 Hauptkategorien

Die Analyse der Transkripte mit der *Grounded Theory Methodology* ergab zwei Blickrichtungen, die genauer untersucht und fokussiert betrachtet wurden. Es wurde spezifiziert, was die Kinder im Interview während der Beschäftigung mit den Diagrammen tun. Dabei ergaben sich vier Hauptkategorien als Handlungsfelder, die das Lesen und Interpretieren der Diagramme genauer beschreiben und zusätzlich konnten weitere Kategorien gebildet werden, die als Einflussfaktoren identifiziert wurden und mit den Voraussetzungen des Kindes zusammenhängen. Im Folgenden werden die Hauptkategorien, die die Handlungsfelder beim Lesen von Diagrammen abzeichnen, beschrieben und damit die Forschungsfrage *Wie lesen Kinder Diagramme?* dahingehend beantwortet, dass das Tun beim Lesen von Diagrammen identifiziert wurde. Demnach wird eine Antwort auf die Frage, *Was tun Kinder beim Lesen von Diagrammen?*, gegeben. Der zweite Teil der Kategorien, gibt Antworten auf die Forschungsfrage nach den Einflussfaktoren beim Lesen von Diagrammen. Daran anschließend ist die Auseinandersetzung mit dem eingangs vorgestellten Modell zum Lesen von Daten (Shaughnessy, 2007) in der Diskussion zu beachten.

Kategorien der Handlungsfelder

1. LESEN¹³
2. BEGRÜNDEN
3. ANWENDEN
4. KRITISIEREN/BEWERTEN

1. LESEN

Die Kinder lesen das Diagramm, wenn sie Informationen direkt aus dem Diagramm entnehmen und diese äußern. Dazu zählen das Lesen einzelner und mehrerer Datenpunkte, das Vorlesen von Beschriftungen oder auch die Nennung des *Topics*, welches beschreibt wovon das Diagramm insgesamt handelt. Aber auch die Beschreibung des Sachinhaltes oder der grafischen Elemente stellt Subkategorien des Lesens des Diagramms dar.

CW4: DAS GEHT DA DARUM, WIE DAS, ALSO, HIER IST EIN WILDRIND UND DAS HAT, ALSO, BRINGT 600 KILOGRAMM PRO JAHR MILCH UND DANN SIEHT MAN HIER 1400, 1860 UND DANN IMMER SO WEITER, WEITER HÖHER.

2. ANWENDEN

Die Kinder wenden das Diagramm an, indem sie sich überlegen, welche Bedeutung das Diagramm insgesamt für sie persönlich oder in einem anderen Kontext hat. Sie ziehen dabei Schlüsse aus dem Diagramm, wie die Fortführung der Daten oder entdecken Konsequenzen, die daraus folgen. Bei diesen Aussagen wird meist ein Bezug zur (eigenen) Welt gezogen.

AW1: DIE KUH IST GANZ SCHÖN ALT GEWORDEN.

3. BEGRÜNDEN

Die Kinder begründen ihre Interpretation oder Zusammenhänge des Diagramms oder auch die Daten die dem Diagramm zugrunde liegen. Die Interpretation des Diagramms wird gestützt durch das Diagramm selbst, aus den Daten oder den grafischen Elementen oder auch aus ihrem Vorwissen oder ihren Vorstellungen heraus. Die Kinder begründen, warum die Daten so zustande gekommen sind, also was ihre Ursache oder die Hintergründe der Datenerhebung selbst ist.

¹³An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass LESEN als neuer Begriff zu verstehen ist und sich von dem Prozess des Lesens insgesamt im alltäglichen Sinne unterscheidet.

BM4: UND ES HEISST JA AUCH, DASS, WENN KÜHE KLASSISCHE MUSIK HÖREN, DASS SIE DANN MEHR MILCH GEBEN.

BM2: JA, WEIL ICH GLAUBE AUCH, WEIL DIE WURDEN JA HALT AUCH IMMER MEHR GEZÜCHTET, DASS SIE MEHR MILCH HERGEBEN SOLLTEN. WURDEN JA AUCH GEZÜCHTET.

4. BEWERTEN/KRITISIEREN

Unter diese Kategorie fallen Aussagen der Kinder, die das Diagramm selbst oder die Daten dahinter kritisieren oder positiv bzw. negativ bewerten. Die Kinder äußerten deutlich, was sie von dem Diagramm halten. Wenn das Diagramm für sich „nicht so verständlich“ war oder sie „die Bilder sind schön“ fanden, gaben sie das kund. Meistens auf die Frage hin „Was fällt euch sonst noch bei dem Diagramm auf“ oder auch wenn die Interviewerin nachfragte, ob sie die Darstellung geeignet finden würden. Neben der Wertung der Darstellung bedachten die Kinder bei der Kritik der Daten auch die Datenerhebung. So wurde darüber diskutiert, wie die Daten erhoben wurden oder auch daran gezweifelt, dass die Daten stimmen. Der Zweifel und die Kritik an den Daten wurde überwiegend mit dem Bezug zu eigenen Erfahrungen begründet

BM5: [ES FÄLLT AUF,] DASS HIER IRGENDWIE SO EIN RIESEN ABSTAND IST ZWISCHEN DEM 14. JAHRHUNDERT UND 1860. VERSTEHE ICH NICHT GANZ, WIESO DA SO EIN RIESEN ABSTAND IST.

CM4: UM GANZ EHRlich ZU SEIN DIESES DIAGRAMM IST NICHT SO VERSTÄNDLICH FÜR MICH.

CM3: JA.

INTERVIEWERIN: WARUM NICHT?

CM4: ICH MEINE, ALSO DA SIND JETZT KEINE, KEINE ZUM BEISPIEL JETZT 36 PROZENT ODER SOWAS ODER 90 PROZENT ANDERES KRAMS.

Kategorien der Einflussfaktoren des Subjekts

Diese Hauptkategorien, die sich aus der Kodierung ergaben, bilden die Handlungsfelder beim Lesen von Diagrammen. Damit wird die Forschungsfrage beantwortet, was die Kinder beim Lesen oder Arbeiten mit Diagrammen tun. Zudem ergaben sich aus der Analyse weitere Kategorien, die nicht in diese Hauptkategorien passen, da sie sich stärker darauf fokussieren, wie und womit Kinder Diagramme lesen. Hier wurde deutlich, was *hinter* dem Lesen der Diagramme zu verstehen ist: Was benutzen sie überhaupt, um Diagramme zu lesen und was assoziieren sie mit der Thematik?

Diese Kategorien geben alle Indizien dafür, um zu identifizieren, was Kinder beim Lesen von Diagrammen alles verwenden, um sie überhaupt zu lesen und interpretieren. Sie beschreiben nicht die einzelne Handlung, sondern stärker die Voraussetzungen oder Werkzeuge mit denen die Kinder an das Lesen von Diagrammen herangehen. In der Analyse wurden sie unter dem Label „Was bringen die Kinder mit“ zusammengefasst. Sie können als Einflussfaktoren der Kinder gesehen werden, die auf das Lesen der Diagramme insgesamt einwirken. Dabei zeigen sich die fächerübergreifenden Kompetenzen, die die Schülerinnen und Schüler anwenden, um Diagramme zu verstehen und zu bearbeiten. So werden rein **mathematische Fähigkeiten** benutzt mit denen sie die Syntax und das Diagramm erfassen, aber auch **biologisches Wissen und Fähigkeiten**, um den Sachverhalt einschätzen zu können. Damit zusammen hängt natürlich das **Domänenwissen** zu der Thematik¹⁴. Neben dem spezifischen Domänenwissen, verwendeten die Kinder immer wieder Alltagsvorstellungen oder auch **naive Konzepte/Theorien** (Mähler, 1999, S. 53) zum Sachkontext, um das Diagramm zu verstehen und zu erklären. Dabei wurde versucht das dargestellte Diagramm mit den eigenen Vorstellungen zu erklären bzw. das Diagramm so zu lesen, dass es mit den eigenen Vorstellungen konform ist. Dieses Phänomen findet sich in der Literatur (Jong & Joolingen, 1998) im Zusammenhang mit *Confirmation Bias* (Shah, 2002) und auch bei Wild und Pfannkuch (1999, S. 229): „Our preconceptions can lead us astray in many ways, for example, by blinding us to possibilities because what we ‚know‘ determines where we look, and desensitising us to important information“ (Wild & Pfannkuch, 1999, S. 229).

BM4: JA, DAS HATTEN WIR IN MATHE. DAS IST, ALSO, SO DER MITTELWERT. ALSO DAS HEISST, ES KANN/ DASS DER DURCHSCHNITT BESCHREIBT DAS JETZT ABER AUCH NICHT SO GENAU. WENN MAN JETZT DEN WELTKLIMADURCHSCHNITT ZUM BEISPIEL, DAS KÖNNEN JA AUCH AN DER EINEN/ DAS SAGT/ ODER VON EINEM GANZ BESTIMMTEN LAND DA KANN ES MAL GANZ KALT SEIN UND DANN AUCH WIEDER WARM UND DANN IST EIN MITTELWERT.

Die hier aufgezeigten Kompetenzen oder kognitiven Fähigkeiten, die die Kinder mitbringen werden in dieser Arbeit allgemein unter dem Begriff **Vorwissen** zusammengefasst, der in Kapitel 6.1 in einen Forschungszusammenhang gestellt wird.

Neben diesen Kompetenzen zeigte sich aber auch, dass die Kinder nicht nur ihr Wissen, sondern auch **Erfahrungen aus der eigenen Lebenswelt** in die Interpretation

¹⁴Da in der Studie die Diagramme unabhängig vom Unterricht waren, war das Domänenwissen sehr unterschiedlich breit und tief ausgeprägt.

mitnehmen. So werden beispielsweise die Daten auf Plausibilität überprüft indem sie sie mit ihren Erfahrungen aus der Welt abgleichen:

CW4: NEIN, DAS STIMMT GAR NICHT GANZ, WEIL DIE/

CW5: JA, DAS WÄRE VIEL ZU VIEL./

CW4: PRO PERSON FÜR EINEN TÄGLICHEN WASSERVERBRAUCH. WEIL
MEINE WÄSCHE WIRD JA NICHT JEDEN TAG JETZT GEWASCHEN, SONDERN/

Diese Kategorien können zusammengefasst werden als Einflussfaktoren, die vom Subjekt, also dem Leser und der Leserin des Diagramms, kommen. Es sind Faktoren des Kindes die beeinflussen, wie es das Diagramm liest und Voraussetzungen, die es mitbringt um das Diagramm zu lesen.

5.5.3 Das Kategoriensystem in einen konzeptionellen Zusammenhang

Die Ergebnisse der Interviewstudie können als ein Konzept zusammengefasst werden, in dem auch die vorangegangenen Ergebnisse in einen Bezug gesetzt werden (vgl. Abbildung 5.7).

Aus der Analyse mit der Grounded Theory ergaben sich demnach zwei Kategoriensysteme: **Handlungsfelder** und **Einflussfaktoren des Subjektes**. Kernstück dabei bilden die Handlungsfelder als Klassifikation der Aussagen von Schülerinnen und Schülern. Die Aussagen, die zu den Diagrammen getroffen werden sind abhängig von den Adressaten, insbesondere von ihren Voraussetzungen. Der Adressat kann das Diagramm z.B. kritisieren (Handlungsfeld), wenn er zu der Darstellung oder Thematik eine eigene Meinung hat. Diese Meinung basiert auf dem Wissen oder den Vorstellungen, die er zu dem Kontext insgesamt hat (Einflussfaktor Subjekt). Daher ist ein klarer Zusammenhang zwischen diesen beiden Kategorisierungen erkennbar. Die Interviewstudie konzentriert sich auf die Aussagen der Schülerinnen und Schüler und versucht deren Denkweisen zu analysieren. Dadurch gehen die Einflussfaktoren vom Subjekt aus. Am Leseprozess ist allerdings nicht nur das Subjekt beteiligt, sondern auch das zu lesende Objekt, die Diagramme. Eine genauere Betrachtung der Diagramme ist demnach notwendig. Als Vorbereitung auf die Analyse wurde eine Klassifikation von Diagrammen entwickelt (vgl Kapitel 4.4.2), die die Grundlage zur Auswahl der Versuchsobjekte dieser Studie bildeten. Es wurden für diesen Forschungskontext relevante Merkmale von Diagrammen mit biologischem Sachinhalt identifiziert und klassifiziert. Dabei stellen sowohl die Gestaltungsart als auch die Einbettung von grafischen Elementen abgrenzende Kriterien dar. Die Objekte der Untersuchung haben einen Sachkontext inne, wodurch das Domänenwissen und die

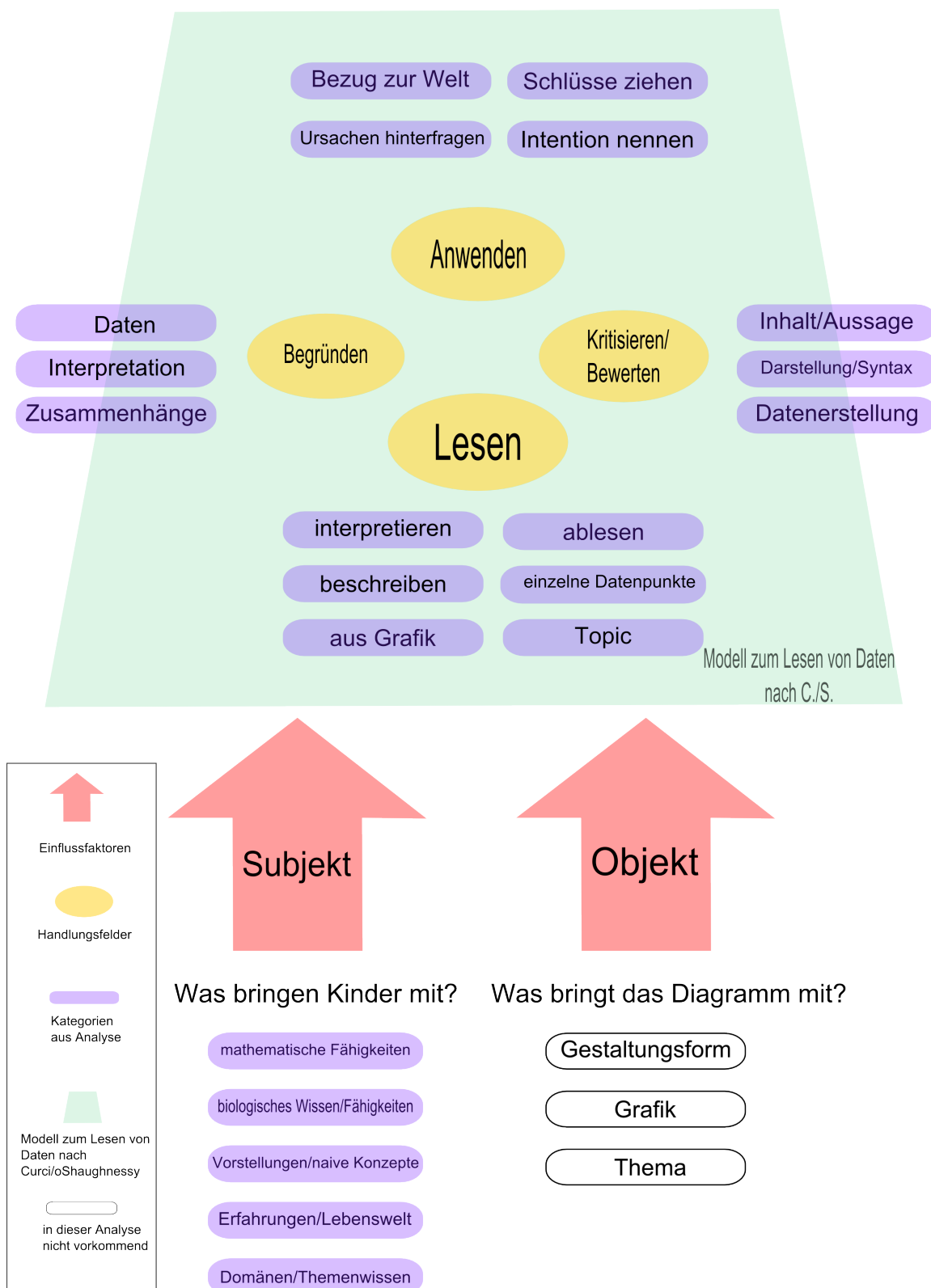


Abb. 5.7: Darstellung des Konzeptes von Handlungsfeldern und Einflussfaktoren

Vorstellungen bzw. naiven Konzepte der Kinder bestimmt werden. Der Sachkontext ist diagrammabhängig, sowie die Gestaltungsart und die grafischen Elemente durch die Auswahl des Diagramms bestimmt werden. Es zeigt sich also, dass die in der Analyse identifizierten subjektgeprägten Einflussfaktoren nicht vollständig sein können und weitere Faktoren - ausgehend vom Objekt, das Lesen beeinflussen. Diese möglichen Faktoren wurden bei der Betrachtung der Diagramme aus Schulbüchern deutlich herausgearbeitet. Demnach muss zwischen zwei Arten von Einflussfaktoren unterschieden werden. Diejenigen, die vom **Subjekt**, dem Adressaten und Leser ausgehen und diejenigen, die das **Objekt** von sich aus mitbringt.

Zusammengenommen sind es diese zwei Hauptlinien, die demnach die Handlungsfelder des Lesens von Diagrammen beeinflussen. Dabei wirken die verschiedenen Faktoren unterschiedlich auf die Handlungsfelder. Beispielsweise sind die beurteilenden und bewertenden Aussagen der Kinder immer abhängig von dem Wissensstand zu dem jeweiligen Sachkontext. Genauso beeinflusst die Gestaltungsform des Diagramms, ob es dem Adressaten überhaupt möglich ist, die Syntax des Diagramms zu erfassen und zu verstehen.

5.6 Diskussion

5.6.1 Zusammenhang der Kategorien mit bestehenden Theorien

Das Forschungsvorhaben und die vorgestellte Studie erfordern eine Auseinandersetzung mit bisherigen Arbeiten und Theorien zum Thema Lesen von Daten und Diagrammen. Dieser Arbeitsschritt dient einerseits der Validierung der in den Interviews erhobenen Konstrukte, andererseits der möglichen Spezifizierung der verwendeten Kodierungen. Hier spielt das Modell der Stufen beim Lesen von Daten von Curcio/Shughnessy (Shughnessy, 2007) eine bedeutende Rolle und dient dazu, sich dem Phänomen des Lesens der Daten aus einer anderen Perspektive zu nähern. Dabei ist zu beachten, dass dieses Modell in einem anderen Forschungskontext mit einer anderen Forschungsfrage entstanden ist. Die wissenschaftliche Praxis fordert eine skeptische Haltung gegenüber bestehenden Theorien und daraus entwickelte Kategorien sollten aufgrund der Kontextspezifität zunächst als vorläufig angesehen werden (Strauss & Corbin, 1996, S. 28). Deshalb wurde dieses Modell für die vorliegende Studie nicht als deduktive Grundlage verwendet, allerdings ist das entstandene Kategoriensystem und Schema auch nicht unabhängig von ihm zu sehen. Das Modell sollte nicht überprüft oder eingesetzt werden, da die eigenen kontextspezifischen Forschungsfragen des Forschungsprojektes zwar dem Kontext des Modells nahe stehen, aber nicht vergleichbar und nicht eindeutig mit diesem zu beantworten

sind. Es sollte zusätzlich gewährleistet sein, dass neue Entdeckungen möglich sind und die in diesem Projekt spezifischen enger gefassten Fragestellungen beantwortet werden können. Dennoch ist nicht abzustreiten, dass das Modell zum Lesen von Daten von Curcio/Shughnessy (Shughnessy, 2007) eine fundierte Grundlage bietet, um die angesprochenen Fragestellungen zu bearbeiten. Mit zusätzlicher eigener wissenschaftlicher Kreativität war eine umfassende und situationsspezifische Auseinandersetzung mit diesem speziellen Forschungsgebiet möglich. Demnach ist es nicht überraschend, dass das entstandene Kategoriensystem mit dem Modell Ähnlichkeiten aufweist, aber nicht übereinstimmt.

Bei einer Gegenüberstellung der neu entstandenen Kategorien mit dem vorhandenen Modell wird deutlich, dass sich zweiteres im ersten wiederfinden lässt; in der grafischen Darstellung des Konzeptes (Abbildung 5.7) soll das über den Hintergrund angedeutet werden. Das Kategoriensystem ist allerdings nicht stufenweise aufgebaut, sondern anwendungsorientiert zu betrachten. Die einzelnen Aussagen und Herangehensweisen der Kinder spiegeln sich in den Kategorien wider. In den vier Kategorien zeigt sich eine Teilung zwischen objektorientierten und kontextorientierten Handlungen als Hauptkategorien für das Auseinandersetzen mit Diagrammen. Die Kategorie LESEN als Lesen des Objektes und der Daten entspricht den Stufen *Lesen* und *Lesen zwischen den Daten* beim Modell zum Lesen von Daten bei Curcio/Shughnessy (Shughnessy, 2007), die Kategorien ANWENDEN, BEGRÜNDEN und KRITISIEREN/BEWERTEN umfassen eher eine kontextorientierte Behandlung des Diagramms. Innerhalb dieser Feldern finden sich die Stufen *Lesen hinter* und *die Daten hinaus* wieder. Demnach sind beide Modelle miteinander kompatibel und vergleichbar. Sie unterscheiden sich allerdings im Hinblick auf Fokus und Anwendung: In Curcio/Shughnessy Modell werden die Kompetenzen eher als Stufen betrachtet (Shughnessy, 2007) und in dem hier entwickelten Kategoriensystem wird die Handlung an sich beim Bearbeiten der Diagramme in Feldern erfasst. Diese Felder sind nicht stufenweise aufgebaut. Es wurde in den Interviews deutlich, dass z.B. auch kritisiert werden konnte, obwohl oder gerade weil es nicht möglich ist einzelne Datenpunkte zu lesen.

5.6.2 Daraus abgeleitete Thesen

Die Handlungsfelder ordnen die Tätigkeiten beim Lesen von Diagrammen ein, weiter wurden Einflussfaktoren ausgehend sowohl vom Leser als auch vom Diagramm selbst offensichtlich. Verknüpft man nun diese beiden Bereiche und betrachtet verstärkt die Aussagen der Kinder dazu, können Folgerungen aus diesen Untersuchungen gezogen werden. Dabei sind drei große Bereiche sichtbar, die scheinbar beim Lesen

von Diagrammen eine Rolle spielen und sich in den Kategorien und der Klassifikation wiederfinden lassen: Grafische Elemente, Vorwissen zur Thematik und damit zusammenhängend die Lebenswelt und Erfahrung der Kinder.

Daraus können folgende Thesen formuliert werden:

- Grafische Elemente
 - helfen das Topic des Diagramms schneller zu erfassen.
 - beeinflussen das Leseverständnis.
- Vorwissen zur Thematik
 - erleichtert das Lesen und Anwenden der Daten.
 - hilft über die Daten hinaus zu lesen.
- Lebenswelt und Erfahrungen des Lesers
 - helfen hinter den Daten zu lesen.
 - unterstützen bei der Plausibilität der Daten.

Diese Phänomene wurden bei dieser Studie beobachtet und dadurch induktiv festgestellt. Nachdem die Verknüpfung mit bestehenden Einteilungen und der Lesekompetenz aufgezeigt wurde, stellen das Vorwissen und die Vorstellungen der Kinder zum Sachkontext weitere bedeutende Faktor dar. Dieser Aspekt wird in der nächsten Studie aufgegriffen und an dieser Stelle auch auf eine theoretische Auseinandersetzung mit der Thematik des Vorwissens im Forschungskontext im nächsten Kapitel hingewiesen.

5.6.3 Bezug zum Unterricht

Die vorangegangenen Fragestellungen, die aus der Analyse heraus gefolgert werden können, sind natürlich eng verknüpft mit der Einbettung und Verwendung von Diagrammen im Unterricht. Es zeigt sich, dass die Faktoren, die das Lesen bestimmen, von der Lehrkraft im Unterricht gezielt beeinflusst werden können. Die Lehrkraft wählt das Diagramm aus und kann dabei auf eine angemessene Darstellung achten und sie sollte auch über das Vorwissen der Kinder zu der Thematik informiert sein bzw. kann sie auf die Thematik vorbereiten. Diagramme sind nicht immer selbsterklärend und es bedarf beim Einsatz einer genaueren Beachtung des Settings und der Adressaten, um einen adäquaten Informationszuwachs zu erzielen, aber auch die Lesekompetenz zu verbessern.

5.7 Zusammenfassung

Die vorangegangene Untersuchung diente dazu sich dem Phänomen des Lesens von Diagrammen mit biologischem Kontext über einen empirischen Zugang zu nähern. Zur Erfassung der Dimensionalität des Lesens von Diagrammen wurden vier Handlungsfeldern identifiziert und zudem Einflussfaktoren, die sich auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler beziehen, benannt.

Durch die Klassifikation der Diagramme aus den Biologiebüchern wurden analog zu den Einflussfaktoren des Subjektes, Einflussfaktoren des Objektes gefolgert. Weiter wurde das entwickelte System mit bestehenden Theorien diskutiert und validiert. Wenn die Ergebnisse dieser Studie und der Klassifikation vernetzt betrachtet werden und dabei ein Augenmerk auf die Einflussfaktoren des Subjekt und die Einflussfaktoren des Objekts gelegt wird, ergibt sich als nächster Schritt diese beiden Faktoren in einer Unterrichtsumgebung zu betrachten. Mit diesen Ergebnissen kann der Fokus auf mögliche Einflussfaktoren gelegt werden, die durch die bisherigen Teile herausgearbeitet wurden und somit können die bisherigen Forschungsfragen konkretisiert werden. Die konkrete Benennung von möglichen Einflussfaktoren ermöglicht eine Untersuchung im Unterrichtsgeschehen, um so die methodenbasierte Exploration zu vervollständigen.

6 Interventionsstudie

In den vorangegangenen Kapiteln dieser Arbeit wurden Analysen vorgestellt, bei denen die Repräsentanten und Adressaten separat betrachtet wurden. Dabei standen die Identifizierung und Benennung von Merkmalen und Kriterien anhand von qualitativen Methoden im Vordergrund. Ziel der Arbeit insgesamt ist es, Thesen über das Lesen und die Verwendung von Diagrammen im unterrichtlichen Kontext, speziell im Biologieunterricht, zu generieren. Die vorangegangenen Studien leisten hierzu Vorarbeiten zur Thematik, speziell auf der Sach- und Adressatenebene. Die Ergebnisse davon betreffen unter anderem Einflussfaktoren beim Lesen von Diagrammen, die beschrieben und benannt wurden. Im Anschluss an die Vorarbeiten stellt sich die Frage, wie genau diese Faktoren im Unterricht oder in einer unterrichtsnahen Situation auf das Leseverständnis von Diagrammen wirken. Das qualitative Untersuchungsdesign der Interviewstudie mit Charakter einer Laborstudie, anstelle einer authentischen Unterrichtsumgebung, beantwortet diese Frage nicht. Nach der Analyse der einzelnen Bestandteile des Leseprozesses, fließen Erkenntnisse daraus in ein Quasi-Experiment, das die Lernumgebung Schule stärker berücksichtigt und in dem einzelne Faktoren gezielt getestet werden können. Weiter ist dabei die eingeschränkte Repräsentativität der qualitativen Vorarbeiten zu beachten, die ebenfalls mit der kommenden Studie verbessert werden soll.

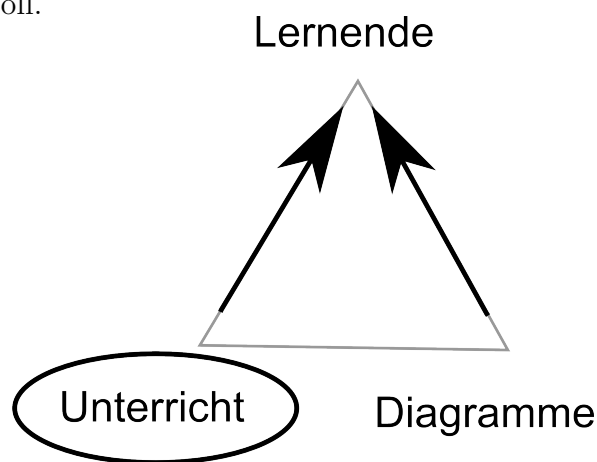


Abb. 6.1: Der Unterricht als Bestandteil des Leseprozesses im Fokus

Im dritten und letzten Teil dieser Dissertation steht damit der Unterricht im Fokus der Untersuchung. Gemäß dem Design der methodenbasierten Exploration (Bortz & Döring, 2006) soll die Thematik nun aus einer weiteren Perspektive mit einer anderen Methode betrachtet werden. Dies bildet den Abschluss der Exploration, in der nun die Ergebnisse der vorangegangenen Studien verwendet werden.

Empirische Untersuchungen im Unterrichtsgeschehen bilden eine gute Voraussetzung, um ein anderes Forschungsparadigma anzuwenden. Eine quantitative Analyse ist in einem Unterrichtssetting möglich, da es leicht ist, eine repräsentative Datenmenge zu erreichen. Durch den Methodenwechsel und die Untersuchung der Lesekompetenz ausgeweitet auf den Unterricht kann damit die Validität der Ergebnisse dieser Arbeit verbessert werden.

6.1 Vorwissen als Prädiktor beim Wissenserwerb

Im vorangegangenen Kapitel wurde das Vorwissen des Kindes als bedeutende Rolle beim Lesen und Interpretieren der Diagramme in der qualitativen Studie identifiziert. An dieser Stelle soll dieses Thema nun theoretisch aufgearbeitet werden.

So befindet auch Ausubel das Vorwissen für den wichtigsten Prädiktor für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern, wie er im Prefix seines Werkes deutlich macht:

„If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.“ (Ausubel, 1968, S. VI)

Renkl (1996) unterscheidet beim Vorwissen allgemein zwischen Kenntnissen und Fähigkeiten in einem bestimmten Bereich wie Physik, Schach oder Fußball (Domänenwissen), das er dann wieder vom Themenwissen abgrenzt. Themenwissen bezieht sich auf den erlernten Stoff bezüglich der Domäne und ist damit spezieller als Domänenwissen. Dabei argumentiert er, dass mit dem größten Lernfortschritt zu rechnen ist, wenn eine Person hohes Domänenwissen, aber geringes Themenwissen besitzt (Renkl, 1996, S. 176).

Eine weiterführende Studie, die Anwendung von Vorwissen beim Interpretieren von grafischen Darstellungen verknüpft, liefern Pillay, Boles und McCrindle (2001), die Interpretationen von grafischen Darstellungen von Novizen und Experten, also Probanden mit unterschiedlichen Domänenwissen, untersuchen. Sie unterscheiden

Task-Knowledge, als spezifisches Wissen und Domänenwissen und zeigen klare Unterschiede bei der Interpretation von Bildern, in diesem Fall Ultraschallbilder. „In conclusion, the findings illustrate the complex inter-relatedness of domain and task knowledge, which then constitutes professional knowledge. [...] It requires another level of integration over and beyond the theoretical task knowledge.“ (Pillay et al., 2001, S. 505)

Erklärungsversuche wie neues Wissen entsteht gehen zurück auf Piaget, auf den sich auch Ausubel stützt, wobei Assimilation und Akkommodation von Wissen unterschieden wird. Wissen wird assimiliert, wenn neue Informationen in vorhandene Strukturen eingeordnet werden. Bei Ausubel stellt Wissen kognitive Strukturen dar, die neu geordnet oder verknüpft werden. Lernen entsteht dabei durch Transfersituationen, bei denen existierende kognitive Strukturen neue kognitive Funktionen beeinflussen (Ausubel, 1968, S. 130). Im Gegensatz zur Akkommodation, bei dem neue Informationen bestehende Strukturen restrukturieren, sofern sie mit dem vorhandenen Wissen nicht zu stark konfliktieren. Renkl (1996, S. 181) verdeutlicht die Notwendigkeit der Lehrkraft sich adaptiv auf das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler abzustimmen, warnt jedoch davor bei geringem Vorwissen auf anspruchsvolle Aufgaben zu verzichten, da in jedem Fall die Schülerinnen und Schüler davon profitieren (Renkl, 1996, S. 181). Myhill und Brackley (2004) untersuchten wie Lehrkräfte auf das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler eingehen, indem sie testeten wie und ob sie vergangene und aktuelle Lernerfahrungen der Lernenden verknüpfen. Es zeigte sich, dass dies zu wenig geschieht und Myhill und Brackley (2004, S. 273f) fordern das Vorwissen der Lernenden besser zu berücksichtigen. Zur Umsetzung seien allerdings andere pädagogische Konzepte notwendig, als ein lehrerzentrierter Unterricht, der nicht auf die einzelnen Lernenden eingehen kann.

Obwohl Vorwissen als wichtiger Prädiktor und Einflussfaktor für neues Wissen gesehen wird, zeigt Renkl (1996) auch zwei Aspekte auf bei denen die Struktur oder der Inhalt des Vorwissens für neues Wissen nicht unterstützend wirkt: die Kompartimentalisierung und Wissen in Form von naiven Konzepten. Die Wissenskomplementarisierung bezeichnet dabei das getrennte Abspeichern von Gedächtnisinhalten in unterschiedlichen Strukturen (Renkl, 1996, S. 182). Bildlich kann sich dabei unser Gedächtnis als eine Kommode mit Schubladen vorgestellt werden, in die unser Wissen eingeordnet wird. Je nach Wissensinhalt oder auch Herkunft wird es in eine andere Schublade abgelegt, wodurch eine Struktur entsteht. Sinnvollerweise sollten bei der Abspeicherung neuen Wissens entweder die Schubladen neu geordnet werden oder der Lerninhalt sollte in die richtige Schublade sortiert werden. Eine Vernetzung oder Verbindung der Schubladen ist nur schwer möglich. Bei der Einordnung neuen

Wissens können unterschiedliche Probleme der Komplementarisierung, die einen Lernfortschritt verhindern, auftreten. Beispielsweise kann der Anwendungskontext der Aufgaben nicht oder falsch betrachtet werden, wodurch unsinnige, also nicht realitätskonforme Antworten entstehen. So etwa bei Anwendungsaufgaben in denen mathematische Fähigkeiten gefordert werden, die Lösung aber erst durch Anpassung an den Kontext richtig wird. Renkl (1996) verdeutlicht das an folgendem Beispiel an: 130 Schülerinnen und Schüler wollen in einem Bus zur Klassenfahrt fahren. Ein Bus kann 50 Personen befördern. Wie viele Busse werden benötigt? – Die richtige Antwort ist natürlich 3 und nicht etwas $2\frac{3}{5}$. Hier passt das Alltagswissen (Anzahl der Busse in natürlichen Zahlen) nicht mit der mathematischen Schublade zusammen, in der die Aufgabe gerechnet wurde ($130 : 50 = 2\frac{3}{5}$). Bei der Antwort $2\frac{3}{5}$ findet keine Vernetzung dieser beiden Schubladen findet statt.

Schletter und Bayrhuber (1998) untersuchen dieses Phänomen anhand von Vorstellungen zum Lernen und Gedächtnis in der Sekundarstufe II. Sie unterscheiden dabei Schülervorstellungen, die aus externen Quellen (Schulbüchern und anderen Medien) und internen Quellen (Reflexion der eigenen Erfahrungen) entstanden sind. Beide Quellen sind stark isoliert voneinander, d.h. eine Verknüpfung des Wissens aus einer Quelle zur anderen findet nur selten statt, obwohl aus beiden Quellen Informationen vorhanden sind. Die Informationen existieren nebeneinander anstatt sich angemessen zu ergänzen oder verknüpfen.

Weitere Modelle, bei denen das Vorwissen, damit eingeschlossen auch das Fachwissen bzw. Domänenwissen zu Fehlinterpretation führt, geben Perkins und Simmons (1988). Ein wichtiges davon sind **naive Konzepte**, die gerade bei Schülerinnen und Schülern aufkommen und in der Interviewstudie zum Vorschein kamen. Mähler (1999) gibt Beispiele für weitverbreitete naive Theorien aus den Bereichen Physik, Psychologie und Biologie. Naive Konzepte sind oft mit Alltagsanschauungen vereinbar, beruhen auf eigenen Erfahrungen und sind häufig resistent gegenüber Belehrung aufgrund von wissenschaftlichen Vorstellungen (Renkl, 1996, S. 184). Da sie in der eigenen Alltagswelt konsistent gepasst haben, ist es kontraintuitiv diese für Fachwissen abzulegen oder zu überdenken, da sie auch zur Erklärung von Alltagsphänomenen genügen.

Eine ausführliche Unterscheidung zwischen Alltagswissen und Fachwissen, geben Reif und Larkin (1991), die die Adaption der beiden Bereiche verdeutlichen und dabei die verschiedenen Methoden die zur Wissensbereicherung in den Gebieten angewendet werden aufzeigen. Sie unterscheiden zwischen *formal* und *non formal methods* die zu Begründungen herangezogen werden. So zählen zu *non formal methods* auch visuelle und grafische Repräsentationen (Reif & Larkin, 1991, S. 750), die z.B. auch

zur Interpretation von statistischen Daten genutzt werden, aber auch in anderen Wissenschaftsgebieten oder im Alltag verwendet werden.

6.2 Forschungsfragen

Es soll geprüft werden, wie genau einzelne Faktoren aus den Vorstudien die Diagrammlesekompetenz **im Unterricht** beeinflussen. Da aus zeitlichen und organisatorischen Gründen nicht alle Faktoren getestet werden können, vor allem nicht innerhalb einer Studie, sollen zwei Faktoren herausgesucht werden, die im Fokus der Untersuchung stehen. Dazu soll je ein Faktor aus den vorangegangenen Studien herausgegriffen werden: ein Faktor betreffend die Lesekompetenz auf der Sachebene, der andere auf der Ebene der Adressaten.

In der ersten Studie, der Klassifikation der Diagramme, konnten diese Faktoren in eher *strukturfokussierend* oder *kontextfokussierend* eingeteilt werden. Es wurde deutlich, dass das Design dabei ein ausschlaggebendes Kriterium darstellt um die Diagramme einzuteilen.

Betrachtet man in der zweiten Studie die identifizierten Faktoren der Adressaten, so scheint das Vorwissen zur Thematik einen wesentlichen Einfluss auf das Leseverständnis auszuüben, da es weitere externe Faktoren, wie die Vorstellungen impliziert. Es wird vermutet, dass die Leserichtung dadurch beeinflusst wird.

Werden diese beiden Faktoren explizit betrachtet, ergeben sich für das Forschungsdesign der dritten Studie folgende Forschungsfragen:

- Wie ist der Einfluss des Designs der Diagramme auf den Leseprozess?
- Wie stark ist der (externe) Einfluss des Vorwissens beim Umgang mit Diagrammen?

Im weiteren Verlauf wird gezeigt, wie sich aus diesen beiden Forschungsfragen das Untersuchungsdesign ableiten lässt, nachdem zunächst der fachliche Inhalt des zu untersuchenden Unterrichts festgelegt wird. Zwei Forschungsfragen legen die Variation von zwei Faktoren nahe, wodurch ein 2x2 Untersuchungsdesign mit vier verschiedenen Treatmentgruppen entsteht.

6.3 Unterrichtsthema des Treatments

An dieser Stelle wird das Treatment der Studie beschrieben, das zwei Unterrichtsstunden darstellt, sowie die Auswahl des Themas begründet und beschrieben.

6.3.1 Das Thema „Vogelflug und Vogelzug“ im Unterricht der Studie

Da die Diagrammkompetenz in einer möglichst authentischen Unterrichtssituation getestet werden soll, ist die Auswahl des Themas des Unterrichts entscheidend. Dabei muss das Thema und die Organisation des Unterrichts so gewählt werden, dass dabei eine quantitative Untersuchung stattfinden kann, die den Gütekriterien des wissenschaftlichen Arbeitens genügt, aber zugleich den Charakter eines „normalen“ Unterrichts nicht verletzt. Das Thema muss sowohl zum Bildungsplan als auch zum Curriculum der eigenen Schule passen. Eine Verankerung im Bildungsplan des Landes Baden-Württemberg ist notwendig. Dennoch ist dabei vorteilhaft, wenn das Thema nicht zu starken Überschneidungen mit dem Curriculum der Schulen führt, sodass eine Redundanz bei den Lerninhalten nicht vorkommt. Das Thema muss so gewählt sein, dass es in der Interventionszeit eine kurze abgeschlossene Einheit bildet, sodass von Seiten der Lehrkraft wenig Vor- oder Nachbearbeitung notwendig ist. Dafür und um die Ergebnisse und Beobachtungen aus der Interviewstudie zu berücksichtigen, sollten die Schülerinnen und Schüler Alltagsvorstellungen zum Thema mitbringen, bei denen sich idealerweise Fragen ergeben, die Neugierde wecken und damit Motivation für das Thema fördern. Weiter muss der Kontext der Thematik eine ausreichende Anzahl an wissenschaftlichen Daten bieten, aus denen Diagramme erstellt oder vorhandene verwendet werden können, die als Versuchssitems geeignet sind.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, fiel die Wahl des Unterrichtsgegenstandes auf das Thema *Vogelflug und Vogelzug*. In der Ornithologie werden zahlreiche quantitative Methoden verwendet, wodurch es vielfältige Möglichkeiten zur Darstellung von statistischen Daten gibt. Daraus entsteht ein geeignetes, anwendungsorientiertes Beispiel zur datenbasierten Informationsentnahme, das im Sinne der *statistical literacy* erschlossen werden kann. Die Anknüpfung an das Curriculum der Schulen im Land wird im Folgenden aufgezeigt.

Die Thematik ist im Bildungsplan 2004¹⁵ Baden-Württembergs¹⁶ verankert: Bei den Realschulen unter im Fächerverbund Naturwissenschaftliches Arbeiten unter dem Aspekt *Wie Tiere leben*; bei Gymnasien im Fach Biologie unter: *Angepasstheit bei Wirbeltieren, Wirbellosen und Blütenpflanzen*

Die Schülerinnen und Schüler können :

¹⁵Zur Zeit der Erhebung war dies der aktuelle Bildungsplan.

¹⁶Die genannten Bildungspläne sind zu finden unter: www.bildungsplaene-bw.de (abgerufen am 16.09.2017).

- die Lebensweise und die typischen Baumerkmale von Vertretern der [...] Vögel [...] exemplarisch beschreiben;
- Angepasstheiten an den Lebensraum durch Abwandlung von Körperbau und Verhalten an konkreten Beispielen erläutern

Das Thema Vögel, insbesondere mit der Thematik Vogelflug und Vogelzug wird, auf dem Landesbildungsserver Baden-Württembergs als Beispiel für kompetenzorientierten Biologieunterricht genutzt¹⁷.

In den Schulbüchern ist das Thema durchaus zu finden, muss aber nicht standardmäßig unterrichtet werden. Dennoch kann dabei gut an die Alltagswelt und Schülervorstellungen angeknüpft werden (Buss, 2013, S. 259).

In der Dissertation von Buss (2013) ist eine ausführliche Auseinandersetzung gegeben, wie das Thema in den Schulbüchern vertreten ist und welche Literatur sich für die fachliche Klärung und Vorbereitung der Lernenden eignet. Dabei sind die Ornithologen Peter Berthold und Franz Bairlein zu nennen, die umfassende Literatur dazu verfasst haben. Dahingegen wird das Thema in gängigen Schulbüchern „überwiegend streiflichtartig in dem Komplex ‚Tiere in ihrem Lebensraum‘“ (Buss, 2013) behandelt, obwohl sich das Thema besonders gut dazu eignet, dass „der Lernende mit seinem Alltagswissen und seiner Lernbereitschaft individuelle und selbstständige Lernerfahrungen machen kann“ (Buss, 2013, S. 66). Damit bietet sich dieses Thema im besonderen Maße als biologischer Kontext für die vorliegende Untersuchung an, auch wenn im Rahmen dieser Studie das Thema nicht in seiner fachlichen Fülle behandelt werden kann, sondern einzelne Aspekte herausgegriffen werden müssen.

An dieser Stelle wird ein fachlicher Überblick über das Thema gegeben, sodass im weiteren Verlauf die didaktische Reduktion für den Unterricht im Rahmen der Studie ersichtlich wird. Neben dem allgemeinen Phänomen Vogelflug sind für den geplanten Unterricht jene Aspekte von Interesse, die als statistische Daten aufbereitet sind oder werden können. Die im kommenden Abschnitt beschriebenen ornithologischen Grundlagen werden zum Teil in den Stationen des Treatments wieder aufgegriffen.

Ornithologische Grundlagen

Die Erforschung der Zugvögel ist ein Rätsel, das schon in der Antike den Menschen beschäftigt hat, allerdings auch zu vielen Fehlvorstellungen führte (Schmidt-Koenig, 1980). Das Phänomen, einige Vogelarten sind im Winter in unserer Umgebung nicht aufzufinden, war schon in der Antike bekannt. Wo sich die Vögel in der Zeit befinden

¹⁷Ausführliches Material auf dem Landesbildungsserver: http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/bio/gym/fb3/2_klasse5_6/ (abgerufen am 16.09.2017).

und warum sie fort sind brachte Mythen und kuriose Erklärungen hervor. So hat schon Aristoteles ein Interesse an Zugvögeln gezeigt und systematische Beobachtungen und Beschreibungen von Zugvögeln vorgenommen, aber auch „das Märchen vom Winterschlaf der Vögel“ verbreitet (Stresemann, 1996). So verbreitete sich eine Vorstellung, dass Vögel sich in Sümpfen vergraben oder unter Eis von Gewässern zusammenklumpten (Berthold, 2007, S. 27).

Erst im 19. Jahrhundert begann der Vogelflug intensiv erforscht zu werden (Berthold, 2007, S. 28). Zu dieser Zeit, 1822, wurde zudem der sogenannte „Rostocker Pfeilstorch“ erlegt: Ein Weißstorch, der einen fremdartigen Pfeil im Körper hatte und im heutigen Mecklenburg Vorpommern gefunden wurde. Dieser Pfeil stammte aus einem afrikanischen Stamm. Dadurch folgerten die Forscher dieser Zeit, dass sich der Vogel in Afrika befunden haben musste bevor er nach Deutschland geflogen ist (Kinzelbach, 2005).

Die Erforschung des Vogelzuges erfolgt mit zwei verschiedenen Methoden: die Vogelbeobachtung und die experimentelle Vogelzugforschung.

Mit der Einführung der Vogelberingung zu Beginn des 20. Jahrhundert erfolgte eine systematische Vogelbeobachtung, die auch heute noch „ein wichtiges Handwerkszeug in der modernen Vogelzugforschung“ (Bairlein, 1996, S. 45) ist. Hierbei werden Vögel gefangen und ihnen Metallringe mit einer individuellen Nummer am Fuß befestigt. Sie werden anschließend wieder frei gelassen und zu einem anderen Zeitpunkt an einem anderem Ort wieder gefangen und erfasst. Dazu gibt es standardisierte Fangverfahren und Fangstationen. Die Organisation der Beringung erfolgt in institutionellen Vogelwarten sowohl im Norden des Landes (Helgoland, Neuenkirchen) als auch im Süden (Radolfzell). So werden die Koordinaten der Aufenthaltsorte gesammelt, um so Informationen über Wanderweg, Winterquartiere und Zugrouten zu erfassen (Berthold, 2007, S. 39). Die Beringung und reine Sichtbeobachtungen wurden durch weitere Erfassungstechniken (Telemetrie, Radar u.a.) in der heutigen Zeit erweitert (Buss, 2013, S. 25) und liefern weitere wichtige konkrete Daten mit denen die genaue Zugroute, Tagesrouten, Rastplätze und Dauer des Zuges bestimmt werden.

Die Wanderrouen erstrecken sich über die ganze Welt und führen oft in äquatornahe Ruheziele. Zugvögel können zwischen Lang-, Kurz- und Mittelstreckenzieher unterschieden werden (Bairlein, 1996, S. 48). Langstreckenzieher (z.B. Weißstörche, Gartengrasmücken) überwinden dabei Gebirge, Wüsten und Meere, bevor sie ihr Winterziel erreichen, wohingegen Kurzstreckenzieher nur wenige Kilometer und eher vertikal ziehen (z.B. Rotkehlchen, Bergpieper) um beispielsweise im Mittelmeerraum zu überwintern.

Beim Zugverhalten zeigen sich geschlechterdifferenzierte Unterschiede. So erreicht ein männlicher Pirol die Brutstellen in der Heimat früher als die Weibchen, um so ein besseres Territorium besetzen zu können, bevor die Weibchen dazukommen (Couzens, 2005, S. 22). Wie die Vögel ihre Winterquartiere finden, war lange unbekannt und die experimentelle Vogelzugforschung nutzt Versuche, um die Orientierungsmechanismen der Vögel zu erforschen. Berthold (2007) unterscheidet zwei Kategorien der Orientierung. Es gibt verschiedene Arten der Kompassorientierung, bei denen die Vögel durch Sonne, Sterne oder durch das Erdmagnetfeld als externes Bezugssystem die Richtung zum Winterquartier finden. Um diese Mechanismen nachzuweisen wurde die Zugunruhe der Vögel in runden Orientierungskäfigen gemessen. Zugunruhe ist dabei ein auffälliges unruhiges Verhalten der Vögel in der Zeit in der sie einen Zugtrieb verspüren und kann auch bei gefangen gehaltenen Vögeln in Käfigen gemessen werden. In den Orientierungstrichtern wird neben der Zugunruhe auch die Richtung gemessen, in die die Vögel ziehen wollen. Eine grafische Auswertung dieser Daten wurde an anderer Stelle in dieser Arbeit als Diagramm gezeigt (siehe Abb. 4.6). Andere Versuche mit Brieftauben haben gezeigt, dass auch Vögel, die sich nicht nach einem Kompass richten, gezielt navigieren können (Berthold, 2007, S. 182). Dabei ist es den Vögeln unabhängig von ihrem Aufenthaltsort fast immer möglich mit einer sogenannten inneren Navigationskarte an ihren Zielort zu gelangen. So eine Navigation ist eher bei Altvögeln zu beobachten, die durch eine Anfangsorientierung gezielt zu ihren Zielort navigieren können (Berthold, 2007, S. 167).

Während des Zuges benutzen die Vögel überwiegend den „normalen Vogelflug“, den Ruder- oder Schlagflug, fliegen dabei allerdings nicht in Höchstgeschwindigkeit. Die Reisegeschwindigkeiten bewegen sich bei kleinen Vögeln zwischen 30-60 km/h, wohingegen größere Vögel bis zu 100 km/h erreichen. Um Energie zu sparen wandern gerade größere Vogelarten, wie der Storch oder Pelikan im Segel- oder Gleitflug und nutzen dazu die Thermik der Luft (Berthold, 2007, S. 102).

6.3.2 Diagramme im Unterricht

Die Bearbeitung eines Sachkontextes anhand von Diagrammen lässt sich im Bildungsplan 2004 der Realschule im Fach Naturwissenschaftliches Arbeiten (NWA)¹⁸ unter den Kompetenzen „Reflektieren – Verknüpfen – Anwenden“ verankern:

„Die Schülerinnen und Schüler können auswerten unter Verwendung von Fachsprache, Diagrammen, Tabellen, Gleichungen, Graphiken, Funktionen, Texten.“ . Im Gymna-

¹⁸Die genannten Bildungspläne, sowie der Leitgedanken dazu sind zu finden unter: www.bildungsplaene-bw.de (abgerufen am 16.09.2017).

sium finden sich außerhalb des Mathematikunterrichts zur Arbeit mit Diagrammen in den Leitgedanken zu den Naturwissenschaften:

- Datenmaterial und Statistiken interpretieren und bezüglich ihrer Aussagekraft bewerten
- qualitative und quantitative Betrachtung als Möglichkeiten der Beschreibung und Erklärung nutzen
- Texte und grafische Darstellungen interpretieren, Kernaussagen erkennen, diese mit erworbenem Wissen verknüpfen und daraus Schlüsse ziehen

Neben der Verankerung im Bildungsplan, der eine Relevanz für den Unterricht rechtfertigt, sprechen aus forschungsmethodischer Sicht weitere Argumente dafür, dieses Thema zu wählen.

In ihrer Dissertation zu Schülervorstellungen zum Vogelflug verdeutlicht Buss (2013), dass es hierzu durchaus gefestigte Meinungen gibt, die jedoch nicht immer mit den fachwissenschaftlichen Erkenntnissen übereinstimmen. So müssen die Schüler und Schülerinnen „dafür sensibilisiert werden, ihre Konzeptvorstellungen, basierend auf ihren Erfahrungen, infrage bzw. auf den Prüfstand zu stellen“ (Buss, 2013, S. 267). Ebenso zeigen Prokop, Kubiato und Fančovičová (2007) diverse Fehlvorstellungen bei Schülerinnen und Schülern über die Gründe und Navigation des Vogelzugs auf. Genau solch eine Thematik kann dafür genutzt werden, dass im Unterricht neben der Diagrammlesekompetenz auch fachliche Inhalte vermittelt und geprüft werden. Die vorhandenen Anknüpfungspunkte, die Alltagsbeobachtungen und -vorstellungen der Kinder, bilden geeignete Voraussetzungen dazu. Weiter ist das Thema maximal ausschnittsweise in Schulbüchern verankert und liefert dadurch eine günstige Gelegenheit, im Rahmen einer Intervention die Thematik den Schülerinnen und Schülern näher zu bringen.

6.4 Methodische Vorüberlegungen zum Design der Studie

Die inhaltlichen Überlegungen und Festlegung des Themas waren der erste Schritt um das Design der Studie zu bestimmen. Weiter wird an dieser Stelle beschrieben, welche methodischen Entscheidungen sich daraus ergeben.

6.4.1 Quasi-Experimentelles Untersuchungsdesign

Die Untersuchung soll als Feldstudie im Unterricht klassenweise stattfinden. Dazu wurde ein Pre-/Posttest-Design mit zusätzlichem Follow-Up-Test und einer Kontrollgruppe ausgewählt (Randler, 2012). Bei der beschriebenen Studie handelt es sich um ein Quasi-Experiment, das dem Vorbild eines Experimentes nahekommt, aber nicht die strengen Anforderungen wie beispielsweise strikte Randomisierung erfüllt (Diekmann, 2009, S. 356). Die Randomisierung erfolgt durch die Zuteilung in den Klassenstrukturen. Dadurch ist es möglich ein Experiment innerhalb des Unterrichts durchzuführen anstatt in Laborstrukturen und –atmosphäre. Zur Verbesserung der internen Validität muss das Quasi-Experiment angepasst und kontrolliert werden, sodass mögliche Störfaktoren kontrolliert werden und damit nur die beabsichtigten unabhängigen Variablen auftreten. Mögliche Störvariablen müssen identifiziert und das Design entsprechend angepasst werden. Zur Kontrolle der Störfaktoren werden verschiedene Techniken angewandt: Elimination, Konstanthaltung, Matching und Randomisierung (Baur, 2014, S. 140). Ein Störfaktor, der bei Experimenten in Klassen zwangsläufig auftritt, ist die Lehrkraft, die den Unterricht und damit auch die Untersuchung durchführt. Unterrichtet die eigentliche Lehrperson die Klasse sind die einzelnen Klassen untereinander weniger vergleichbar, da damit die Lehrperson eine weitere intervenierende Variable darstellt, mit der die Qualität und Durchführung des Unterrichts womöglich stark variiert. Dennoch ist es für die reine Durchführung förderlich, wenn die Fachlehrkraft anwesend ist und die Schülerinnen und Schüler sich nicht auf eine neue Lehrkraft für diese Stunden einstellen müssen. Wenn eine (externe) Lehrkraft den Unterricht in allen Klassen durchführt, würde damit die Variable zwar konstant gehalten, dennoch treten anderen Probleme auf. Durch eine fremde Lehrkraft leidet das authentische Unterrichtsgeschehen und das Quasi-Experiment wird ebenfalls beeinträchtigt. Weiter muss beachtet werden, dass nicht die Lehrkraft und ihre Kompetenz zu unterrichten in dem Quasi-Experiment untersucht werden soll, sondern die tatsächlich beabsichtigten unabhängigen Variablen. Um die Wirkung der Lehrperson als Confounder zu minimieren und dennoch eine authentische Unterrichtssituation beizubehalten, soll der Unterricht schülerzentriert stattfinden. Ein vorgegebener, angeleiteter schülerzentrierter Unterricht stellt eine weitgehende Konstanthaltung dar bei dem die Bedingungen angeglichen werden, um so Störfaktoren zu kontrollieren. Daraus ergab sich die Überlegung, einen Stationenunterricht zu konzipieren, in dem die Schülerinnen und Schüler Diagramme inklusive Arbeitsaufgaben bearbeiten, die sich thematisch mit dem Vogelflug und Vogelzug befassen. Damit kann die Varianz der verschiedenen Lehrkräfte minimiert werden, ohne eine (fremde) Lehrkraft in allen Klassen einzusetzen (Randler, 2012, S. 1296). Um weitere

Störfaktoren zu registrieren war zu jedem Zeitpunkt der Tests und Intervention eine Person aus der Versuchsleitung anwesend, die mögliche Störungen und Zwischenfälle protokollierte.

6.4.2 Zur Variation der Variablen

Die unabhängigen Variablen der Untersuchung sollen anhand der Erkenntnisse aus beiden vorherigen Studien festgelegt werden und bezüglich der Adressaten- und Sachebene variiert werden. Die Variation bezieht sich zum einen auf die Objekte des Zeichenprozesses, die Diagramme, und zum anderen auf die Subjekte, die Schülerinnen und Schüler. In den vorangegangenen Kapiteln wurden dazu mögliche Einflussfaktoren identifiziert, die nun in diesem Design wiederverwendet werden.

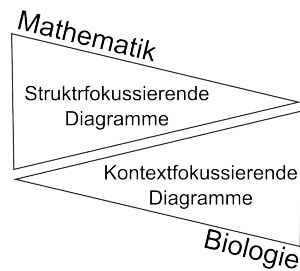
Das Design der Diagramme

In Kapitel 4.4.2 zeigte sich, dass es in Biologiebüchern unterschiedliche Diagramme gibt, die wie bereits beschrieben in zwei Klassen eingeordnet werden können. Diese Klassen wurden als *strukturfokussierend* und *kontextfokussierend* bezeichnet. Das Design der Diagramme mit unterschiedlicher Verwendung von grafischen Elementen bestimmt, in welche Klasse das Diagramm einzuordnen ist. Das Design lässt sich bspw. durch Ergänzungen oder Einbettung von grafischen Elementen verändern und damit verändert sich die Zuordnung der Diagramme zu den Klassen. Das bedeutet eine Variation des Designs, möglicherweise anhand der Verwendung der grafischen Elemente, lässt sich die Zuordnung der Diagramme ändern. Damit ist das Design der Diagramme als erster unabhängiger Faktor für die Untersuchung zugänglich und lässt sich durch unterschiedliche Gestaltung zweier Diagramme mit informationsäquivalentem Inhalt realisieren. Sie sind bezüglich der Aufgabenklasse informationsäquivalent, wenn „beide die Entnahme der zur Aufgabenbewältigung erforderlichen Informationen ermöglichen, auch wenn sie sich in anderer Hinsicht in ihrem Informationsgehalt unterscheiden.“

cite[S. 219]schnotzV. Das bedeutet, dass es möglich sein muss, die zu der Station angegebenen Aufgaben mit beiden Diagrammen zu bearbeiten.

Konkret bedeutet das für die Durchführung der Studie, dass das **Design der Diagramme** (siehe Abb. 6.2) durch unterschiedlichen Einsatz von grafischen Elementen oder unterschiedliche Formen von Diagrammen variiert wurde. Dazu wurden zum einen Diagramme genommen, die eher im Mathematikunterricht eingesetzt (*mathematisches Design*) werden und bei denen auf grafische Elemente verzichtet wurde. Die anderen Diagramme wurden mit grafischen Elementen entweder ergänzt oder auch das Design so weit verändert, dass der Diagrammtyp nicht bekannt ist (*biologisches*

Design)¹⁹.



A: Design: Diagramme mit biologischem Design mit grafischen Elementen

B: Design: Diagramme mit mathematischem Design ohne grafische Elemente

Abb. 6.2: Diagrammeklassen zur Verarbeitung in der Studie

Der Vortrag der Lehrperson

In Kapitel 5 wurden Einflussfaktoren beim Lesen von Diagrammen, die vom Subjekt ausgehen, identifiziert. Darunter war auch die Einbettung der Thematik in das Vorwissen oder die Vorstellung der Kinder ein Faktor. Testweise wurde an einem Diagramm der Kontext durch einen zusätzlichen Text expliziter eingeführt. Die Annahme, dass zusätzliche Informationen über die Thematik des Diagramms das Leseverhalten oder die Leserichtung verändern, wurde getroffen und soll in diesem Teil der Arbeit weiter verfolgt werden. Das Vorwissen oder die Vorstellungen der Kinder sollen variiert und dementsprechend kontrolliert werden, um so als Untersuchungsvariable in die Untersuchung mit einzufließen. Da die Untersuchung im Rahmen des Unterrichtes stattfindet, muss eine Variation demnach in diesem Rahmen möglich sein und ähnlich zur ersten Variable klassenweise geschehen. Die Vorüberlegungen zur Studie haben ergeben, dass das Vorwissen dementsprechend zu kontrollieren oder anzuregen ist und dass ein klarer thematischer Rahmen vorgegeben werden sollte, anstatt die Diagramme „kontextfrei“ den Schülerinnen und Schülern zu geben. Dabei ist ein Kontext, der sich in allen Diagrammen wiederfindet, ideal und kann demnach durch einen Impuls verändert werden. Der Unterricht soll das Thema „Vogelflug und Vogelzug“ behandeln. In der Dissertation von Buss wird beschrieben, dass hierzu bei den Kindern nur wenig bis kein Vorwissen vorhanden ist und unterschiedliche Schülervorstellungen dazu existieren (Buss, 2013). Daher wurde entschieden, die Kinder zentral in die Thematik einzuführen, um so eine **thematische Einbettung in den Kontext** herzustellen und das Vorwissen der Kindern anzuregen und zu aktivieren.

Für eine hohe Validität des Quasi-Experimentes, sollte die Unterrichtssituation für alle Versuchspersonen möglichst gleich sein, aber die Schülerinnen und Schüler nicht

¹⁹Vergleiche hierzu den Anhang, in dem die Stationen mit den Aufgaben zu finden sind.

in eine ungewohnte und unauthentische Unterrichtssituation versetzt werden. Deswegen sollte anstelle einer fremden Person die Lehrperson der Klasse vor Ort den Vortrag halten, wobei inhaltlich sichergestellt sein musste, dass der Vortrag für alle Versuchspersonen möglichst identisch ist. So soll der Einfluss auf die unabhängigen Variablen des Experimentes möglichst kontrolliert sein. Um dennoch die Rolle des Lehrers nicht zu vergrößern und die entstandene Störvariable möglichst konstant zu halten, wurde ein Vortrag konzipiert und den Lehrkräften mit ausführlichen Anmerkungen zur Verfügung gestellt. Das biologische Sachverständnis der Lehrpersonen sollte ausreichen, um den Vortrag zu verstehen und zu halten. Die Lehrkräfte erhielten Zugang zu den Folien i.d.R. nach dem Vortest, also eine Woche vor Beginn der Unterrichtsstunden, sodass sie ausreichend Vorbereitungszeit hatten und die Möglichkeit bestand sich bei Fragen oder Unklarheiten an die Versuchsleitung zu wenden.

6.4.3 Daraus resultierende Untersuchungsthesen

Aufgrund der Vorüberlegungen und der vorangegangenen Studien liegt der Fokus der Auswertung auf den oben genannten unabhängigen Faktoren. Es soll der Einfluss von diesen zwei unabhängigen Faktoren getestet werden, woraus sich ein 2x2 Gruppenplan ergibt, bei dem Haupteffekte und Interaktionseffekte getestet werden können (Bortz & Döring, 2006, S. 532) (Vergleiche hierzu Tabelle 6.1). Anhand des zweifaktoriellen Untersuchungsplans ist es möglich Interaktions- und Wechselwirkungen der beiden unabhängigen Variablen zu prüfen.

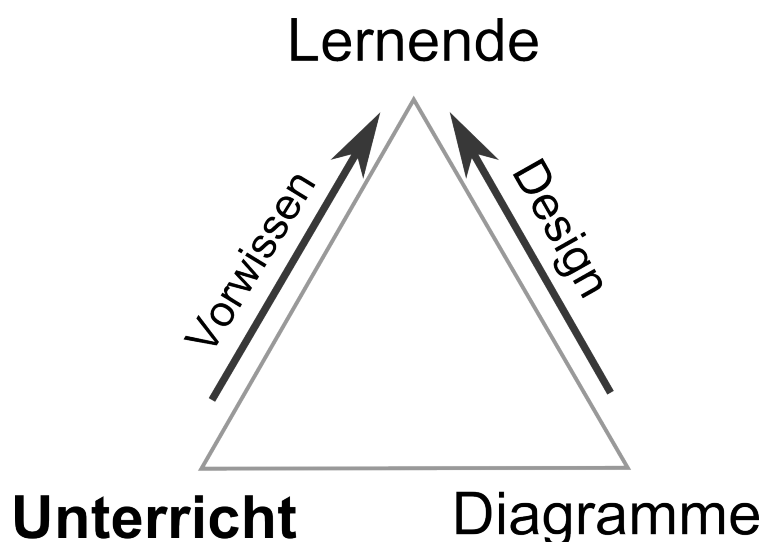


Abb. 6.3: Bestandteile des Leseprozesses mit untersuchten Faktoren, die im Unterricht auf den Lernenden einwirken können

Damit ergeben sich folgende Forschungshypothesen (vgl. Abb. 6.3):

1. **Haupteffekt A:** Das Design hat Einfluss auf das Lesen von Diagrammen allgemein.
2. **Haupteffekt B:** Der Lehrervortrag und damit stellvertretend die thematische Einbettung des Kontextes und damit ein kontrollierteres Vorwissen hat Einfluss auf den Umgang mit Diagrammen.
3. **Interaktionseffekt:** Es kommt zu einer differenziellen Wirkung des Designs der Studie verbunden mit dem Lehrervortrag, der sich auf den Post oder Follow-Up-Test auswirkt.

Aufgrund der Vorarbeiten zu dieser Studie werden die Haupteffekte A und B erwartet. Zusätzlich wurden im Vortest noch weitere Items zur intrinsischen Motivation und dem Selbstkonzept (siehe 6.5.3) abgefragt. Es wäre möglich anhand dieser Daten eine ausführlichere explorative Datenanalyse mit diesen Kovariaten durchzuführen und Forschungsfragen zu generieren, die sich spezifischer auf diese zusätzlichen Daten beziehen. Im Rahmen dieses Promotionsvorhabens wurde allerdings davon abgesehen, da dies weitere theoretische und empirische Vorarbeiten voraussetzt, die über den Rahmen dieser Arbeit, die sich auf den Kontext des Leseverständnis befasst, hinausgehen. Dennoch ist es möglich Korrelationen mit den weiteren erhobenen Daten in einer Kovarianzanalyse zu prüfen.

6.5 Durchführung und Testung

6.5.1 Stichprobe

Es wurden 58 Schulen im Rhein Neckar Kreis, die in einem Umkreis von ca. 20 km um Heidelberg liegen und an denen die Unterstufe unterrichtet wird (29 Gymnasien, 26 Realschulen und zwei Gesamtschulen) mit der Bitte um Teilnahme an der Studie angeschrieben. Acht Schulen, darunter fünf Gymnasien, zwei Realschulen und eine Gesamtschule nahmen daraufhin freiwillig teil. Die Schulen waren mit einer oder mit bis zu vier Klassen beteiligt. Insgesamt wurden 17 Klassen, davon zwei Kontrollklassen getestet. Es wurden N=337 Versuchspersonen komplett, d.h. sie nahmen an allen Tests und der Intervention teil, getestet, davon 291 mit Treatment und 46 in der Kontrollgruppe. Für die Verteilung der Versuchspersonen auf die einzelnen Treatmentgruppen, beachte Tabelle 6.1.

Tabelle 6.1: Design des 2x2 Treatmentgruppen

	mit Lehrervortrag (LV)	ohne Lehrervortrag (OV)
mit Grafiken (A)	3 Klassen N= 46	5 Klassen N= 92
ohne Grafiken (B)	4 Klassen N= 95	3 Klassen N=58
Kontrollgruppe ohne Treatment N = 46		

6.5.2 Zeitplan und Untersuchungsdesign

Die Studie bestand auch einem Pre-Posttest mit Follow-Up-Test Design mit einem zweistündigen Treatment. Die Tests wurden in den Klassen unter der Anwesenheit der Lehrperson und einer externen Versuchsleitung durchgeführt. Den Schülerinnen und Schülern standen für die Tests je dreißig Minuten Zeit zur Verfügung.

Alle Teile der Studie sollten im Unterricht stattfinden. Da das Treatment als Doppelstunde konzipiert wurde und der Pretest dreißig Minuten dauerte, war es aus organisatorischen Gründen nicht möglich, den Pretest direkt vor das Treatment zu schalten. Daher sollte der Pretest drei bis sieben Tage vor dem eigentlichen Treatment durchgeführt werden. Der Posttest sollte sieben bis zehn Tage später stattfinden und der Follow-Up-Test sechs bis acht Wochen danach. Die Organisation musste sich dabei nach den Gegebenheiten und Stundenplänen der einzelnen Schulen richten. Dabei wurde versucht, die Zeiträume der Tests weitgehend vergleichbar durchzuführen. Kleinere Variationen konnten allerdings nicht immer vermieden werden. Aufgrund der Herbstferien im Erhebungszeitraum, variiert der Follow-Up- Test geringfügig.

Die Daten wurden von September bis November 2013 erhoben. Um einen möglichst balancierten Versuchsplan zu erhalten (Bortz & Schuster, 2010, S. 206), d.h. pro Treatmentgruppe sollte ungefähr die gleiche Anzahl an Versuchspersonen teilnehmen, wurde eine weitere Klasse im Januar bis Februar 2014 getestet. Da nicht vorherzusehen war, wie viele Schüler und Schülerinnen tatsächlich an allen Teilen der Studie teilnehmen, konnte vorher nur versucht werden die Klassen gleichmäßig zu verteilen. Dennoch kam es durch organisatorische Fehler während der Untersuchungsphase bei einer Klasse zu einer falschen Treatmentzuteilung, wodurch die Anzahl der Versuchspersonen sich zu stark voneinander unterschied und eine Erhebung in einer weiteren Klasse durchgeführt werden musste.

6.5.3 Testinstrumente

Alle Tests wurden als Paper Pencil Test durchgeführt. Im Folgenden werden die Testinstrumente²⁰ vorgestellt und in Tabelle 6.2 findet sich eine Übersicht zu welcher Zeit der Test eingesetzt wurde.

Tabelle 6.2: Testinstrumenten mit Zeitplan

1. Woche	2. Woche	3. Woche	6.- 8. Woche
Pretest	Treatment	Posttest	Follow-Up-Test
Kompetenztest Diagramm I, Vogelwissen, intrinsische Motivation, Selbstkonzept	situative Lernemotionen	Kompetenztest Diagramme II, Vogelwissen	Kompetenztest Diagramme II Vogelwissen

Kompetenztest Diagramme I & II

Der *Kompetenztest Diagramme I* besteht aus vier Diagrammen aus dem Kontext Biologie. Die Diagramme sind aus verschiedenen Diagrammklassen gewählt, dabei sind zwei Diagramme den *strukturfokussierenden* und zwei den *kontextfokussierenden* Diagrammklassen zuzuordnen. Zu dem jeweiligen Diagramm wurden den Kindern Fragen und Aussagen gestellt, die sie beantworten oder bewerten mussten. Diese Aussagen wurden so gewählt, dass sie den verschiedenen Stufen des Modells zum Lesen von Daten von Curcio/Shughnessy (Shughnessy, 2007) zuzuordnen sind und bestanden in der Regel daraus, dass die Schülerinnen und Schüler den Wahrheitsgehalt der Aussage bestimmen mussten.

Der Kompetenztest I wurde im Pretest eingesetzt.

Der *Kompetenztest Diagramme II* ist ähnlich aufgebaut wie der Kompetenztest I und besteht aus insgesamt sechs Diagrammen mit Aufgaben, wobei zwei Aufgaben aus dem Pretest wieder verwendet wurden. Die anderen vier Diagramme wurden so ausgewählt, dass sie in Aufbau und Design den Diagrammen des Pretests gleichen und sich das Frageformat so wiederholt.

Der Kompetenztest II wurde in Posttest und Follow-Up-Test identisch bis auf eine Änderung der Reihenfolge eingesetzt.

²⁰Die eingesetzten Test sind im Anhang abgedruckt.

Vogelwissenstest

Der Vogelwissenstest wurde so konzipiert, dass er Inhalte aus den Stationen, die im Treatment von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet wurden, inhaltlich abfragt. Dabei wurden sieben Fragen aus dem Zusammenhang Vogelflug und Vogelzug gestellt, die in den Stationen des Treatments beantwortet werden. Die sieben Aufgaben haben ein geschlossenes Format, sowie eine Freitextaufgabe.

Zusätzlich wurden im Rahmen des Vortestes Items zur Motivation und dem fachlichen Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler erhoben. Diese Faktoren sollten als explorativer Teil in die Analyse eingehen, um bei fachübergreifenden Zusammenhängen Hypothesen zu generieren und die einzelnen Treatments in Bezug auf emotionale Faktoren der Schülerinnen und Schüler bewerten zu können.

Emotionale Faktoren

Emotionale Faktoren spielen beim Lernprozess eine ähnlich große Rolle, wie kognitive Faktoren. Eine ausführliche Darstellung und Begründung dazu liefern Mayring und Rhoeneck (2003).

Intrinsische Motivation, Selbstkonzept

Im Vortest wurden Items über intrinsische Motivation für das Fach Biologie erhoben. Dabei unterscheidet der Test kompetenzorientierte Motivation und interessenorientierte Motivation (Gläser-Zikuda, Fuß, Laukenmann, Metz & Randler, 2005). Weiter wurde das positive und negative Selbstkonzept (Helmke, 1992) für die Unterrichtsfächer Mathematik und Biologie erfasst. Eine genauere Beschreibung des Testinstruments findet sich bei Gläser-Zikuda et al. (2005).

Situative Lernemotionen

Unterricht wird nicht nur beeinflusst von den Emotionen aufgrund von Persönlichkeitsmerkmale, sondern auch durch situative, kurzfristige Emotionen. Sie beschreiben den aktuellen Zustand und sind daher variabler als überdauernde Eigenschaften einer Person oder Haltungen zu einer Thematik (Randler et al., 2011).

Im direkten Anschluss an das Treatment wurde ein Test zur Erfassung von situativen Emotionen eingesetzt. Als Messinstrument dienten neun Fragen, die auf das Wohlbefinden, Langeweile und Interesse der Schülerinnen und Schüler während des Treatments zielten und mit einer fünfstufigen Likert Skala (1: „trifft“ zu bis 5 „trifft gar nicht zu“) bewertet wurden. Es ist ein standardisierter Test, basierend auf dem Konzept der Lernemotionen (Laukenmann et al., 2003), der allerdings auch eine

vierte Emotion, die Angst, abfragt. Der vorliegende Test bezieht sich nur auf die drei erwähnte Faktoren, so wie er bei Randler et al. (2011) übernommen wurde.

6.5.4 Durchführung des Treatments

Das Treatment fand in einem zweistündigen Unterricht (90 Minuten) statt. Es handelte sich um eine Stationenarbeit, wobei die Stationen von den Schülerinnen und Schülern selbstständig bearbeitet wurden. Eine Station bestand je aus einem Arbeitsblatt zum Vogelflug und Vogelzug mit einem Diagramm, gegebenenfalls einem erklärenden Text und Aufgaben dazu. Die Aufgaben dienten dazu, Informationen zur Thematik anhand des Diagramms zu vermitteln und Diagrammfertigkeiten zu vertiefen. Die Aufgaben waren so konzipiert, dass auch hier wieder verschiedene Stufen des Modells zum Lesen von Daten von Curcio/Shughnessy (Shughnessy, 2007) erfragt wurden und die Schülerinnen und Schüler damit gefordert waren, nicht nur Daten abzulesen und zu interpretieren, sondern auch den Kontext und eigene Gedanken in die Bearbeitung miteinfließen zu lassen. Hier wurden sowohl geschlossene, als auch offene Fragen verwendet. Die Stationen selbst waren nicht Untersuchungsgegenstand, da sie die Intervention bildeten. Da die Stationen so konzipiert waren, dass sehr offene Antwortmöglichkeiten erwartet wurden, war eine quantitative Analyse der Intervention nicht möglich und auch nicht vorgesehen.

Stationen

Insgesamt gab es sechs Stationen²¹ zu folgenden Themen:

- Bestand des Weißstorchs
- Fluggeschwindigkeiten
- Rückkehr des Pirols aus dem Winterquartier
- Gleitflug
- Zugunruhe
- Zugroute

Eine weitere Station wurde für die Treatmentgruppen ohne Vortrag (OV+A, OV+B) hinzugefügt, damit die Gesamtzeit, in der die Stationen bearbeitet werden sollten, überall konstant ist (Huber, 2009, S. 84). Die zusätzliche Station beinhaltete kein Diagramm, sondern behandelte die Flügelform und das Fliegen der Vögel. Damit

²¹Die einzelnen Stationen sind im Anhang abgedruckt und thematisch in Kapitel 6.3.1 erläutert.

bleibt die Stunde insgesamt im Rahmen der Thematik, aber es wird keine zusätzliche Station mit statistischen Daten verwendet. Die Inhalte dieser Station wurden nicht in den Tests abgefragt.

Die Versuchspersonen sollten die Stationen nacheinander bearbeiten. Es war ihnen gestattet dies in Partnerarbeit zu tun. Pro Station standen ihnen jeweils zehn Minuten Zeit zur Verfügung. Bei der Durchführung stellte sich die Zeit als ausreichend heraus.

Lehrervortrag

Der Lehrervortrag wurde den Lehrkräften als Präsentation mit zusätzlichen Notizen gegeben und sollte in die Thematik einführen. Dabei wurden folgende Themen behandelt: Zugvögel/Standvögel, Vogelberingung, Vogelzugforschung, verschiedene Zugrouten, Zugunruhe. Der Vortrag dauerte je fünfzehn Minuten. Im Anschluss daran fand die Stationenarbeit statt.

Anhand eines Fragebogens wurde ein Beobachtungsbogen von der Versuchsleitung ausgefüllt mit dem starke Abweichungen vom Untersuchungsplan und -vorgaben erfassen werden sollte.

6.6 Analyse

6.6.1 Datenaufbereitung

Für die Auswertung wurden nur die Datensätze verwendet, bei denen die Versuchspersonen an allen drei Tests und dem Treatment teilgenommen hatten. Die Tests waren je mit einem personalisierten Kode versehen, die Dateneingabe erfolgte anschließend manuell. Nach einer automatischen Datenzusammenführung der einzelnen Tests mit identischem Kode, ergab sich eine zu niedrige Gesamtteilnehmerzahl, die nicht mit der Realität übereinstimmen konnte. Deswegen wurden manuell die einzelnen Datensätze und Kodes nochmals überprüft und jene Datensätze zusammengefügt, bei denen es bei der Eingabe offensichtlich zu Tippfehlern gekommen war. Diese Überprüfung und Zusammenführung wurde zur Kontrolle ein zweites Mal durchgeführt und nur übereinstimmende neue Datensätze übernommen. So konnten von durchschnittlich 333 teilnehmenden Versuchspersonen je Test (ohne Kontrollgruppe), von denen minimal 208 und maximal²² 306 an allen Tests teilgenommen haben konnten, 291 komplette

²²Die maximal mögliche Anzahl der Teilnehmer ergibt sich, sofern immer die selben Kinder bei den Tests gefehlt haben; die minimal mögliche Teilnehmeranzahl, sofern immer unterschiedliche Kinder gefehlt haben.

Datensätze erreicht werden. Dabei ist ein kompletter Datensatz dann erreicht, wenn die Versuchsperson an allen Tests teilgenommen hat, dazu müssen jedoch nicht alle einzelnen Items beantwortet sein. Mit der Kontrollgruppe umfasst die Stichprobe 337 Datensätze.

6.6.2 Testkodierung

Tabelle 6.3: Punkteverteilung Kompetenztests

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Summe
Pretest	9	10	8	9	-	-	36
Posttest	9	12	10	12	9	9	61
Follow-Up-Test	9	12	12	9	9	10	61

Bei dem Vogelwissenstest konnte pro Aufgabe maximal ein Punkt erreicht werden, womit sich die Summe von sieben Punkten als mögliche Punktzahl ergibt. Der Kompetenztest war mit vier Aufgaben im Pretest und sechs in den beiden anderen deutlich umfangreicher und es konnten insgesamt 36 bzw. 61 Punkte erreicht werden. Die Summen der Punkte für die einzelnen Aufgaben variiert zwischen 9 und 12, pro Antwort war es möglich einen Punkt zu erreichen (vgl. Tabelle 6.6.2).

6.6.3 Mehrfaktorielle Varianzanalyse

Ziel der Analyse ist es, den Einfluss der unabhängigen nominalskalierten Variablen (Lehrervortrag/Design der Diagramme) auf die abhängigen Variablen Erhebung (Posttest und Follow-Up-Test) zu beschreiben. Ein geeignetes Verfahren zur Auswertung der Daten unter diesen Voraussetzungen ist die Varianzanalyse (Backhaus, 2011, S. 158). Dabei können sich sowohl Haupteffekte der einzelnen Variablen ergeben, als auch Wechselwirkungen dieser – sogenannte Interaktionseffekte.

Zur Testung der Haupt- und Interaktionseffekte wurden zweifaktorielle Varianzanalysen und zur Testung der Kovariaten wurde zusätzlich eine Kovarianzanalyse mit einem allgemeinen linearen Modell (ALM) durchgeführt (Rudolf & Müller, 2012). Das lineare Modell ermittelt zunächst den auf die Kovariaten entfallenen Varianzanteil und entspricht damit einer vorgeschalteten Regressionsanalyse. Die abhängigen Variablen werden anschließend um den durch die Regressionsanalyse ermittelten Einfluss korrigiert und der Varianzanalyse unterzogen (Backhaus, 2011, S. 177). Die Tests wurden jeweils zu den einzelnen abhängigen Variablen durchgeführt, wodurch sich vier Analysen ergeben an denen Haupt- und Interaktionseffekte getestet werden:

1. Vogelwissen im Posttest
2. Vogelwissen im Follow-Up-Test
3. Diagrammkompetenz im Posttest
4. Diagrammkompetenz im Follow-Up-Test

Aus den weiteren Testinstrumenten wurden die folgenden Kovariaten aus den emotionalen Faktoren für eine explorative Auswertung miteinbezogen (Backhaus, 2011, S. 176), da diese als weitere Einflussfaktoren für das Lernen im Unterricht bekannt sind:

- Pretest Diagrammkompetenz bzw. Vogelwissen
- Selbstkonzept Mathematik positiv (SKM_pos)
- Selbstkonzept Mathematik negativ (SKM_neg)
- Selbstkonzept Biologie positiv (SKB_pos)
- Selbstkonzept Biologie negativ (SKB_neg)
- Motivation Biologie interessenmotiviert (mo_ini)
- Motivation Biologie kompetenzorientiert (mo_ink)
- Geschlecht

Voraussetzungen zur Varianzanalyse

Bevor die Analyse beschrieben wird, werden die Voraussetzungen diskutiert. Um eine Varianzanalyse durchzuführen müssen die Daten der Erhebung folgende Eigenschaften besitzen:

Die Stichprobe der Untersuchung ist mit $n > 300$ Versuchspersonen ausreichend groß und enthält eine in den Hauptvariablen homogene Gruppengröße (siehe dazu Tabelle 6.1 in Kapitel 6.5.1). Wird die Voraussetzung der Skalierung der Testinstrumente geprüft, so ist zumindest eine ordinale Skala vorhanden. Ob sie auch den Anforderungen einer Intervallskala genügt, ist empirisch schwer zu prüfen. In der üblichen Forschungspraxis wird allerdings auf eine empirische Prüfung der Skalenaxiomatik verzichtet, so Bortz und Schuster (2010, S. 23). „Die meisten Messungen sind *Perfiat*-Messungen (Messungen ‚durch Vertrauen‘), wie z.B. Messungen mit Fragebögen, Tests, Ratingskalen etc. [...] Hinter dieser liberalen Auffassung steht die Überzeugung,

dass die Bestätigung der Forschungsfrage durch die Annahme eines falschen Skalenniveaus eher erschwert wird.“ Demnach wird eine Intervallskalierung angenommen, um die Forschungsfragen mit einer Varianzanalyse beantworten zu können. Abschließend muss noch die Skalierung der Verteilungen und Varianzhomogenität geprüft werden. Bei der Varianzhomogenität wird der Levene Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen angewandt und wurde bei den nachfolgenden Analysen mit $p > 0,1$ nicht signifikant. Damit wird die Varianzhomogenität angenommen (Bühl, 2014, S. 531).

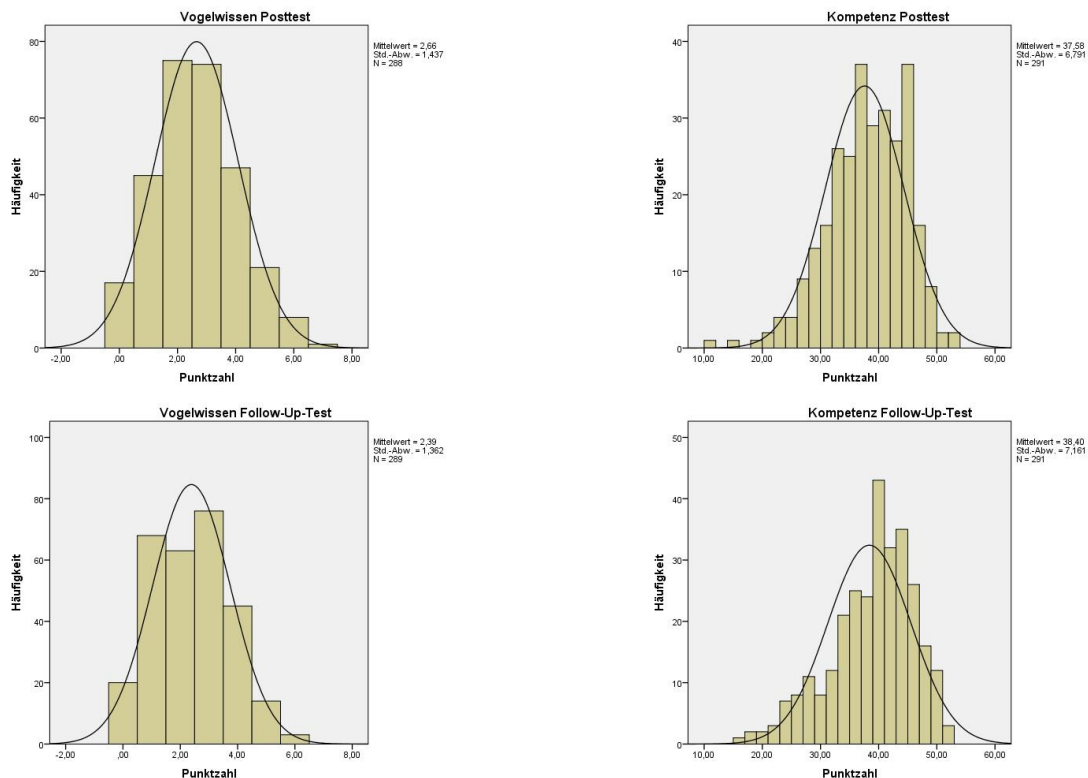


Abb. 6.4: Häufigkeitsverteilungen

Die abhängige Variable muss intervallskaliert sein und die unabhängigen nominalskaliert; das untersuchte Merkmal der Population soll normalverteilt sein; die Messwerte sollen voneinander unabhängig sein und die Varianzen in den untersuchten Populationen sollen gleich sein (Varianzhomogenität). Dabei verhält sich die Varianzanalyse gegen die Verletzung der Varianzhomogenität und Normalverteilung robust, kann aber bei einer kleinen Stichprobe oder sich zu stark unterscheidenden Stichprobengrößen Probleme ergeben (Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann, 2014). Ebenso empfehlen Bortz und Schuster (2010), dass nur bei kleinen und ungleichen Stichproben ein anderes Verfahren zur Untersuchung genommen werden muss.

Die unabhängigen Variablen sind offensichtlich nominalskaliert. Zur Prüfung der Normalverteilung bei den abhängigen Variablen werden die Häufigkeiten grafisch betrachtet (Abbildung 6.4). Da aufgrund der frei wählbaren Klassenbreite das Aussehen der Histogramme stark variieren kann, ist eine Überprüfung mit einem zusätzlichen Test empfehlenswert. In diesem Fall wurde mit dem Kolomogorov-Smirnov-Test und dem Shapiro-Wilks-Test zusätzlich getestet. Betrachtet man die Histogramme der erreichten Punktzahl, wirkt die Verteilung annähernd normalverteilt. Nach dem Test weicht die vorliegende Verteilung allerdings bei allen Erhebungen signifikant ($p < 0,01$) von der Normalverteilung ab. Da die statistische Methode der Varianzanalyse jedoch robust gegenüber dieser Verletzung ist und die Abweichung von der Normalverteilung kein Ausschlusskriterium ist, kann sie dennoch angewandt werden (Rudolf & Müller, 2012).

Vorgehen der Varianzanalyse

Die Analyse wurde zunächst mit einem minimalen Modell durchgeführt, wobei nur der Vortest als Kovariate einbezogen wurde. Da von den Kovariaten die einzelnen Testitems nicht immer vollständig waren²³, wurde diese erst in einem weiteren Schritt als zusätzliche Kovariaten in einer separaten Analyse berücksichtigt und deren Einfluss in einem erweiterten Modell berechnet. Dabei wurden die Quadratsummen vom Typ III in dem unbalancierten Design benutzt, mit einem Alphalevel von 0,05. Die Partiellen Eta-Quadrate η^2 wurden als Effektgröße verwendet.

6.6.4 Reliabilitätsanalyse

Zu den einzelnen Tests wurden Reliabilitätsanalysen durchgeführt, um die interne Konsistenz der Skala zu überprüfen. Dazu wurde das Cronbach Alpha als Prüfmaß berechnet. Dabei erhielten der Post- und Follow-Up-Test akzeptable Werte mit $\alpha = 0,73$ und $\alpha = 0,78$, der Pretest mit einer geringeren Anzahl an Items erhielt dagegen einen niedrige Wert mit $\alpha = 0,55$. Im Diskussionsteil dieses Kapitels wird erörtert, welche Bedeutung die Werte haben und warum der Test trotz der niedrigen Werte verwendet wurde.

²³die weiteren Kovariaten wurden am Ende des Vortests erhoben und dabei fehlen vereinzelte Datenpunkte

6.7 Ergebnisse

6.7.1 Deskriptive Statistik

Bevor die Ergebnisse der Tests beschrieben werden, sollen an dieser Stelle einige deskriptive Daten präsentiert werden, um einen Überblick zu geben.

1. Kompetenztest und Vogelwissenstest

Die Mittelwerte des Kompetenztests und des Vogelwissenstests werden in der Tabelle 6.4 und der Tabelle 6.5 dargestellt und es zeigt sich, dass insgesamt nur ein sehr geringer Lernzuwachs entstanden ist, wenn man die Mittelwerte betrachtet. Es wird sogar sichtbar, dass die Kontrollgruppe in den nachfolgenden Tests besser abgeschnitten hat. Das bestätigt die Wahl der Forschungsfragen mit dem Fokus auf die Gruppenvergleiche, statt einer Untersuchung der Effektivität der kurzen Intervention.

Tabelle 6.4: Erreichte Punktzahlen (Prozent von Gesamtpunktzahl) in den Kompetenztests

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Pretest	Treatmentgruppen	291	9,00 (25%)	32,00 (88,9%)	22,04 (61,2%)	3,85
	Kontrollgruppen	46	12,00 (33,3%)	30,00 (93,8%)	21,80 (60,6%)	4,29
Posttest	Treatmentgruppen	291	11,00 (18,0%)	53,00 (86,9%)	37,58 (61,6%)	6,79
	Kontrollgruppen	46	28,00 (45,9%)	49,00 (80,3%)	39,20 (64,2%)	4,87
Follow-Up-Test	Treatmentgruppen	291	16,00 (26,2%)	52,00 (85,2%)	38,40 (63%)	7,16
	Kontrollgruppen	46	28,00 (46%)	50,00 (82%)	41,17 (67,5%)	4,75

Tabelle 6.5: Erreichte Punktzahlen in den Wissenstests

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Pretest	Treatmentgruppen	291	0,00	6,00	2,00	1,29
	Kontrollgruppe	46	0,00	4,00	2,00	1,25
Posttest	Treatmentgruppen	291	0,00	7,00	2,66	1,43
	Kontrollgruppe	46	0,00	6,00	2,24	1,46
Follow-Up-Test	Treatmentgruppen	291	0,00	6,00	2,39	1,36
	Kontrollgruppe	46	0,00	4,00	2,20	1,22

2. Selbstkonzepte allgemein

Die im Pretest gefragten Lernemotionen bezüglich der Fächer Mathematik und Biologie wurden jeweils auf einer Skala von 0-5 abgefragt. Die Ergebnisse werden in Tabelle 6.6 dargestellt.

3. Ergebnistabelle der Lernemotionen nach dem Treatment

Die Tabelle 6.7 zeigt die unterschiedlichen situativen Lernemotionen bezogen auf die unterschiedlichen Treatmentgruppen.

Tabelle 6.6: Ergebnistabelle der emotionalen Komponenten in den Tests gesamt (ohne Kontrollgruppe)

Lernemotionen	Mittelwert	Standardabweichung
Motivation (Interessen orientiert)	3,31	0,91
Motivation (Kompetenz orientiert)	3,56	0,92
positives Selbstkonzept Mathematik	3,32	0,98
negatives Selbstkonzept Mathematik	1,96	0,99
positives Selbstkonzept Biologie	3,35	0,83
negatives Selbstkonzept Biologie	1,86	0,83

Tabelle 6.7: Situative Lernemotionen

Treatmentgruppen		Wohlbefinden	Interesse	Langeweile
ohne Grafiken	Mittelwert	3,71	3,19	2,10
	Standardabweichung	0,97	1,02	1,05
mit Grafiken	Mittelwert	3,62	3,00	2,18
	Standardabweichung	1,00	1,09	1,08
kein Lehrervortrag	Mittelwert	3,61	2,96	2,16
	Standardabweichung	0,98	1,04	1,12
Lehrervortrag	Mittelwert	3,73	3,25	2,12
	Standardabweichung	0,99	1,06	1,00
Insgesamt	Mittelwert	3,67	3,10	2,14
	Standardabweichung	0,98	1,06	1,06

6.7.2 Haupt- oder Interaktionseffekte und Analyse der Kovariaten

Die Varianzanalyse testet den Einfluss der Variablen separat bei dem Diagrammkompetenztest und dem Vogelwissenstest, jeweils in Pretest und Follow-Up-Test. Damit ergeben sich vier verschiedene Untersuchungen. Im Folgenden werden Ergebnisse der Analyse bezogen auf den Vogelwissenstest und den Kompetenztest nacheinander beschrieben.

1. Vogelwissenstest

Die Analyse zeigte bei beiden Varianzanalysen signifikante disordinale Interaktionseffekte. Haupteffekte gab es nur einmal: Die Variable Lehrervortrag wurde beim Follow-Up-Test signifikant.

Die beschriebenen Werte beziehen sich auf die Kovarianzanalyse:

- Signifikanz

Bei α -Level von 0,5 werden die Interaktionseffekte hoch signifikant für Posttest und sehr signifikant beim Follow-Up-Test. Bei beiden Kovariaten der Motivation und bei dem situativen emotionalen Faktor Langeweile der Evaluation ergeben sich signifikante Ergebnisse bezogen auf den Follow-

Up-Test des Vogelwissens. Erwartungsgemäß hatte auch der Pretest einen höchst signifikanten Einfluss auf den Post- und Follow-Up-Test (siehe Tabelle 6.8).

- Effektstärke

Das Eta-Quadrat gibt die Effektstärke an und beschreibt damit wie viel der Variation auf die Variable der Treatmentgruppe zurückzuführen ist. Es liegt beim Interaktionseffekt des Posttests knapp eine mittlere Größe vor ($\eta^2 > 0,06$), alle anderen Effekte sind klein ($\eta^2 > 0,01$). Damit lassen sich beim Interaktionseffekt des Posttests knapp 6% der Variation darüber erklären, die anderen Effekte mit 2-5% (siehe Tabelle 6.8).

Tabelle 6.8: Tests der Zwischensubjekteffekte Vogelwissen

Quelle		Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	η^2
Lehrervortrag	Posttest Vogelwissen	3,10	1,00	3,10	1,71	0,19	0,01
	Follow-Up-Test Vogelwissen	7,51	1,00	7,51	4,64	0,03	0,02
Pretest Vogelwissen	Posttest Vogelwissen	20,87	1,00	20,87	11,56	0,00	0,04
	Follow-Up-Test Vogelwissen	21,41	1,00	21,41	13,22	0,00	0,05
AB*LV	Posttest Vogelwissen	28,58	1,00	28,58	15,83	0,00	0,06
	Follow-Up-Test Vogelwissen	10,69	1,00	10,69	6,60	0,01	0,02
mo_ini	Posttest Vogelwissen	0,82	1,00	0,82	0,45	0,50	0,00
	Follow-Up-Test Vogelwissen	10,45	1,00	10,45	6,45	0,01	0,02
mo_ink	Posttest Vogelwissen	3,77	1,00	3,77	2,09	0,15	0,01
	Follow-Up-Test Vogelwissen	21,93	1,00	21,93	13,54	0,00	0,05
E_L	Posttest Vogelwissen	2,77	1,00	2,77	1,53	0,22	0,01
	Follow-Up-Test Vogelwissen	14,89	1,00	14,89	9,19	0,00	0,03

Im Profildiagramm (Abb. 6.5) sind zwei sich kreuzende Kurven erkennbar. Das Profildiagramm zeigt die disordinalen Interaktionseffekte grafisch dadurch an, dass die divergierenden Kurven der Mittelwerte sich kreuzen und nicht parallel verlaufen (Bortz & Schuster, 2010, S. 245).

2. Kompetenztest

Die Analyse zeigte für die einzelnen Faktoren keine Haupteffekte bezogen auf den Pre- und Follow-Up-Test. Allerdings gab es auch hier signifikante disordinale Interaktionseffekte der Faktoren bezogen auf den Posttest, jedoch bei dem minimalen Modell nicht auf den Follow-Up-Test, sondern nur bei der Kovarianzanalyse. Im Folgenden werden die Werte der Kovarianzanalyse beschrieben.

- Signifikanz

Bei α -Level von 0,5 werden die Interaktionseffekte sehr signifikant für Posttest ($\alpha = 0,004$) und signifikant mit $\alpha = 0,04$ beim Follow-Up-Test. Die situativen Lernemotionen Langeweile und Interesse ergeben

signifikante Ergebnisse bezogen auf beide Tests. Der Vortest hat bei dem Kompetenztest ein hoch signifikantes Ergebnis bei Post- und Follow-Up-Test mit $\alpha < 0,001$.

- Effektstärke

Die Effektstärke wird bei einer Varianz größer als 14% als groß bezeichnet, ab 6% zeigen sich mittlere Effekte und kleine bei zumindest 1% Aufklärung der Variation. Die Interaktionseffekte sind mit 2% und 3% als klein einzuschätzen, genauso wie die Effektgröße der situativen Lernemotionen mit jeweils 2%. Mittlere Effekte zeigen sich beim Geschlecht bezogen auf den Follow-Up-Test und sogar große Effekte von jeweils 20% beim Pretest (Rasch et al., 2014, S. 77) (vgl. Tabelle 6.9).

Tabelle 6.9: Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle		Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	η^2
Geschlecht	Posttest	146,64	1,00	146,64	4,83	0,03	0,02
	Follow-Up-Test Kompetenztest	514,19	1,00	514,19	15,08	0,00	0,06
AB*LV	Posttest Kompetenztest	259,88	1,00	259,88	8,55	0,00	0,03
	Follow-Up-Test Kompetenztest	144,68	1,00	144,68	4,24	0,04	0,02
Pretest	Posttest Kompetenztest	1945,21	1,00	1945,21	64,02	0,00	0,20
	Follow-Up-Test Kompetenztest	2255,23	1,00	2255,23	66,14	0,00	0,20
E_I	Posttest Kompetenztest	186,14	1,00	186,14	6,13	0,01	0,02
	Follow-Up-Test Kompetenztest	136,53	1,00	136,53	4,00	0,05	0,02
E_L	Posttest Kompetenztest	139,10	1,00	139,10	4,58	0,03	0,02
	Follow-Up-Test Kompetenztest	154,51	1,00	154,51	4,53	0,03	0,02

Die Profildiagramme²⁴ stellen die Interaktionseffekte grafisch dar:

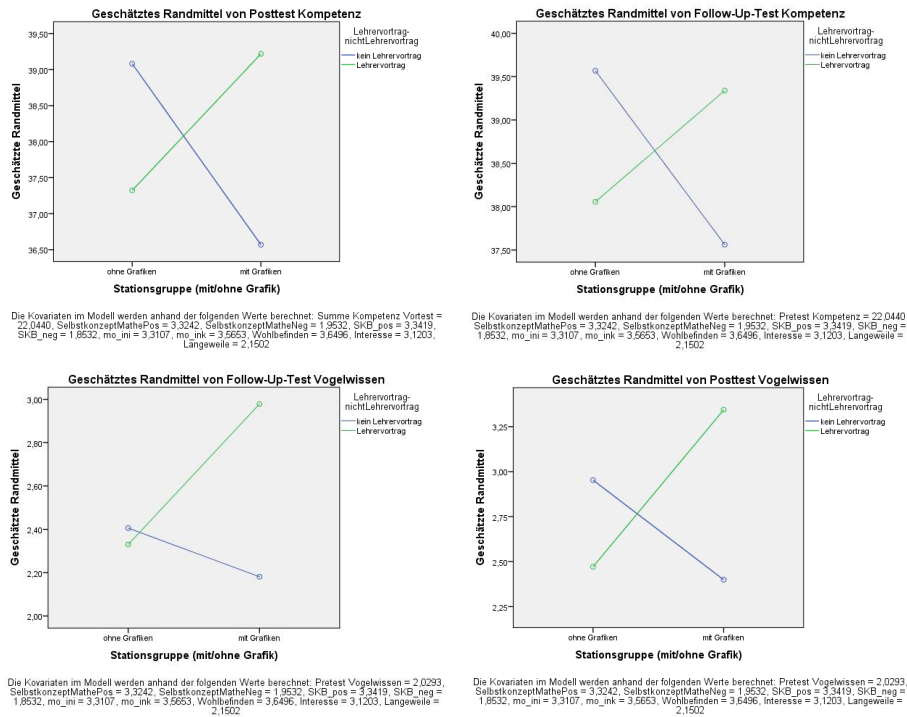


Abb. 6.5: Profildiagramme der Varianzanalysen mit den Kovariaten

6.8 Zusammenfassung

Bei beiden Tests lassen sich keine Haupteffekte der Treatmentgruppen finden, allerdings werden je signifikante kleine Interaktionseffekte sichtbar. Bei der Analyse der Kovariaten hat das Geschlecht nur beim Kompetenztest einen Einfluss und dabei einen größeren auf den Follow-Up-Test. Weitere Effekte lassen sich bei den situativen Lernemotionen finden, wobei ein Einfluss des Wohlbefindens nicht erkennbar ist, sondern nur Langeweile und Interesse einen Effekt zeigen. Der Vortest hat bei dem Kompetenztest einen größeren Einfluss als beim Vogelwissenstest. Diese Beobachtung lässt sich daraus erklären, dass bei dem Kompetenztest das Interpretieren und Ablesen von Diagrammen allgemein im Vordergrund stand und die Aufgaben des Vogelwissenstests sich sehr konkret auf die Stationen der Intervention bezogen. Durch die kleinere Effektstärke des Treatments bezogen auf den Kompetenztest, ist ein größerer Einfluss des Vortests plausibel. Umgekehrt ist der Effekt des Treatments auf den Vogelwissenstest größer, da die Inhalte genau in diesem abgefragt wurden.

²⁴Die Profildiagramme beziehen sich jeweils auf die Varianzanalyse mit den Kovariaten, da hier alle Interaktionseffekte signifikant wurden.

6.9 Diskussion

Der nachfolgende Teil soll die Ergebnisse der Studie inhaltlich interpretieren und in den Forschungszusammenhang setzen. Dabei sollen mögliche Ursachen und Konsequenzen der Ergebnisse diskutiert und im Anschluss die Grenzen und Probleme der Erhebung gezeigt werden. Zentrale Beobachtung hierbei ist der Interaktionseffekt der verschiedenen Treatmentgruppen, der im Folgenden genauer interpretiert wird.

Interaktionseffekt

Interaktionseffekte treten dann auf, wenn die Wirkung der beiden Faktoren, die im mehrfaktoriellen Versuchsplan geprüft worden sind, nicht unabhängig voneinander ist. Die Wirkung hängt demnach von beiden Variablen gemeinsam ab (Huber, 2009, S. 164). Es ist also das Zusammenspiel der variierten Faktoren ausschlaggebend, um eine Wirkung oder einen Effekt zu erzielen. Im gegebenen Fall zeigte sich keine Wirkung einer einzelnen Variable, sondern nur die Interaktion der beiden. Konkret hat der Lehrervortrag mit den grafisch gestalteten Diagrammen (LV+A) eine stärkere Wirkung als zusammen mit den anderen Materialien (LV+B) bzw. wenn die Gruppe keinen Lehrervortrag vorgeschaltet hatte (OV+A), dann interagiert das stärker mit *mathematisch motivierten* Diagrammen (OV+B).

Sofern also eine Einbettung in den Kontext der Diagramme fokussiert wird sind grafisch gestaltete Diagramme angebracht. Wenn aber die Bearbeitung der Diagramme fokussiert wird und daran der Inhalt selbstständig erschlossen werden soll, ist eine puristische Darstellung ohne grafische Elemente unterstützend. Das bedeutet, dass eine thematische Einführung die Verarbeitung von Diagrammen mit biologischem Design erleichtert, wohingegen bei Diagrammen mit mathematischem Design ohne grafische Elemente eine Einbettung in den Kontext sogar hinderlich sein kann. Der Effekt zeigt sich größer bei der Informationsentnahme und Verarbeitung der Informationen (dem Vogelwissenstest) als bei der Förderung der Diagrammlesekompetenz. Das heißt, dass die Lernenden die inhaltlichen Ebene der Informationsentnahme nachträglich besser behalten, als das es ihre Lesekompetenz von Diagrammen fördert. Ein Effekt ist dennoch bei beiden Tests zu erkennen.

Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass durch die grafischen Elemente eine zusätzliche Repräsentationsebene aufgebaut wird, die eine weitere Dekodierung erfordert. Nach dieser Studie erfolgt damit diese Dekodierung leichter und unterstützt das Lesen sogar, sofern der Interpret oder die Interpretin in den Kontext eingeführt bzw. das Vorwissen oder die Leserichtung dazu gelenkt wurde.

Der Vortrag hilft demnach die Diagramme besser mit den Bildern, die thematisch

passend sind, zu verarbeiten und die Aussage zu verinnerlichen, aber auch die Diagrammkompetenz stärker zu schulen als bei der anderen Kombination der Faktoren.

Tabelle 6.10: Interaktionseffekte

Lehrervortrag und Stationen mit biologischem Design und grafischen Elementen (LV+A)	Lehrervortrag und Stationen mit mathematischem Design ohne grafische Elemente (LV+B)
kein Lehrervortrag und Stationen mit biologischem Design und grafischen Elementen (OV+A)	kein Lehrervortrag und Stationen mit mathematischem Design ohne grafische Elemente (OV+B)

Im Fall dieser Studie bedeutet das konkret, dass die Schülerinnen und Schüler durch den Vortrag besser auf den Sachkontext Vogelflug und Vogelzug, der dann in den Stationen der Intervention vorkam, vorbereitet waren und ihnen dadurch eine Interpretation der Diagramme mit Grafiken möglicherweise leichter fiel und der Inhalt davon besser verinnerlicht wurde. Dabei ist allerdings zu beachten, dass dies nur bei der Gruppe der Fall war, die Diagramme, dargestellt mit grafischen Elementen (z.B. illustrierte Vögel) bearbeitet hat. Die grafischen Elemente sind demnach nicht als *chartjunk* zu sehen, wie sie Tufte (2011) möglicherweise bezeichnen würde. Das zeigt der Interaktionseffekt. Wenn die zu bearbeitenden Stationen ohne grafische Aufbereitung gegeben wurden, dann erzielte die Gruppe, die dazu auch keine Einführung in Form des Lehrervortrages erhalten hatte, bessere Ergebnisse im Post- und Follow-Up-Test. Ohne Einführung sind grafische Elemente also nicht notwendig oder sogar hinderlich. Dann wäre der Ausdruck *chartjunk* gerechtfertigt.

Durch die Einführung in die Thematik, bei der einige Inhalte der Stationen schon angesprochen wurden, haben die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Diagramme schon einen Bezug zu den grafischen Elementen und demnach einen besseren Zugang zu den Diagrammen. Wenn hingegen kein Lehrervortrag, also keine Aktivierung des Vorwissens oder Einführung in die Thematik gegeben wurde, dann war ein Einsatz von Diagrammen, die sich verstärkt auf Inhalt und Daten konzentrieren angemessener und auch der Inhalt blieb den Schülerinnen und Schülern eher im Gedächtnis, als beim zusätzlichen Einsatz von vermeintlich unterstützenden grafische Elemente in den Diagrammen. Daraus lässt sich schließen, dass eine Verarbeitung von Grafiken dann leichter fällt und effektiver ist, sofern sie direkte Anknüpfungspunkte findet. Gleichzeitig ist sie aber nicht notwendig, sofern die Kombination des Zugangs und der Gestaltung der Diagramme richtig passend zueinander gewählt wurde.

Dieses Phänomen lässt sich auch anhand der Wissenskompartimentalisierung erklären. Sofern die Diagramme und der Vortrag aufeinander abgestimmt sind, in diesem Fall durch den stärkeren biologischen Bezug der Diagramme durch die Grafiken, so verarbeiten die Schülerinnen und Schüler im Rahmen dieser Eingrenzung die Aufgaben. Sie müssen sich weniger mit der anderen Schublade vernetzen und scheinbar kein Wissen aus anderen Bereichen aktivieren. Eine notwendige Vernetzung findet nicht statt. Regen hingegen Vortrag und Diagramme unterschiedliche Wissensbereiche an, so fällt es den Versuchspersonen schwerer die Inhalte miteinander zu verknüpfen. Auch wenn die selben Kompetenzen gefordert werden, scheint es so, als dass sie doppelt abgespeichert werden, damit eine Vernetzung vermieden werden kann.

Neben einer Interpretation der Ergebnisse dieser Studie, ist die Einbettung in das Gesamtkonzept der Arbeit notwendig. Die Interpretation im Gesamtzusammenhang wird in Kapitel 7 diskutiert.

6.10 Grenzen der Studie

Durch den explorativen Charakter der Arbeit sollen hier allerdings nur Tendenzen aufgezeigt werden, aus denen Hypothesen generiert werden können, deren wissenschaftliche Evidenz es noch zu prüfen gilt. Das Design der Arbeit hatte den Anspruch nicht nur aus reinen Testsituationen zu bestehen, sondern auch authentischen Unterricht zu testen. Aus organisatorischen Gründen ist die Intervention recht kurz, wodurch eine höhere Anzahl an partizipierenden Schulklassen gewonnen werden konnte. Durch diese Einschränkung konnte der Lernzuwachs nicht valide getestet werden und wurde in der Untersuchung nur beschrieben. Im Vordergrund der Untersuchung stand vielmehr der Vergleich der vier Treatmentgruppen.

Die Tests basieren auf theoretischen Überlegungen und den Vorarbeiten zu dieser Studie, aus testtheoretischer Sicht wäre eine größere Pilotphase²⁵ und weitere Prüfungen und Veränderungen wünschenswert gewesen. Die fehlende Pilotphase zeigt sich in der Reliabilität des Testes, besonders im Pretest. Im Posttest und Follow-Up-Test ergibt sich eine akzeptable Cronbachs Alpha auch durch die erhöhte Anzahl der Testitems. Zu beachten ist, dass die Tests auf Basis der Vorstudien entworfen und inhaltlich auf die Aufgaben des Treatments abgestimmt wurden. Schecker (2014) diskutiert, dass es durchaus möglich ist einen Test mit Testaufgaben, bei denen die

²⁵Eine kleine Pilotierung wurde im Rahmen einer Studienarbeit einer Studentin durchgeführt und hier wurden die Testinstrumente eingesetzt.

Kerninhalte und Kompetenzziele einer Unterrichtseinheit abgedeckt werden, auch mit niedrigen Reliabilitätswerten verwendet werden kann.

Das Design der Studie liefert diverse Möglichkeiten zur Testung der Lesekompetenzen, gerade durch den Einsatz der unterschiedlichen Diagramme. Da Verarbeitung der Diagramme der Intervention selbst nicht getestet wurden, sondern im Posttest und Follow-Up-Test andere Diagramme bearbeitet bzw. nur der Inhalt der Diagramme der Intervention abfragt wurde, kann in dieser Studie keine Aussage darüber getroffen werden, ob die Diagramme des Treatments selbst besser verarbeitet werden. Es wurde stattdessen nur ein nachgelagerter Effekt getestet. Im Mittelpunkt stand die Aufgabe, die verschiedenen Faktoren, die das Diagrammlesen beeinflussen, **im Unterricht** zu testen, um daraus Schlussfolgerungen über Förderung und Einsatz von Diagrammen zu ziehen. Deshalb wurde in der Studie selbst der Fokus darauf gelegt, die einzelnen Haupteffekte und deren Wechselwirkung zu testen, statt einzelne Diagramme zu prüfen. Dadurch wird der Zeichenprozess mit seiner pragmatischen Ebene fokussiert.

Die Treatmentgruppen der einzelnen Faktoren sind weitestgehend ausbalanciert, allerdings nicht innerhalb der einzelnen vier Kombinationen. Dort sind die Testpersonen nicht gleichmäßig verteilt. Jedoch konnte durch die Gleichverteilung der Hauptvariablen die Varianzanalyse durchgeführt werden, obwohl andere Voraussetzungen verletzt wurden. Der unbalancierte Versuchsplan wurde in der Analyse über den Typ der Quadratsummen berücksichtigt (Bortz & Schuster, 2010, S.249).

6.11 Ausblick

In der Analyse wurden ausschließlich quantitative Zusammenhänge überprüft mit dem Fokus auf den Haupt- und Interaktionseffekten. Eine Überprüfung und Auswertung weiterer Korrelationseffekte wäre durchaus möglich, sofern die Vorarbeiten darauf angepasst werden. Auch sind qualitative Ansätze zu dieser Studie denkbar, von denen einer im Folgenden beschrieben wird.

Die Auswertung der Arbeitsblätter des Treatments war für die Interventionsstudie nicht vorgesehen oder zwingend, dennoch wurde im Rahmen einer nicht veröffentlichten Studienarbeit ein genauerer Blick darauf geworfen, wie die Versuchspersonen die Stationen bearbeitet haben. Auf den Arbeitsblättern der Intervention wurde kein Identifizierungskode angegeben, sodass bei einer Untersuchung nur allgemeine Aussagen über einzelne Arbeitsblätter getroffen, aber keine Verbindungen zur genauen Treatmentgruppe oder über die anderen Stationen hergestellt werden konnten. So konnte lediglich zwischen dem Design der Stationen (A/B) unterschieden werden, aber die Variable des Lehrervortrages blieb in dieser Untersuchung unbeachtet.

Schwerpunkt war demnach eine qualitative Untersuchung der einzelnen Arbeitsblätter, in der verschiedene Fehlertypen identifiziert wurden um eine Tendenz zu erarbeiten, mit welchen Diagrammen die Versuchspersonen besser umgehen konnten.

Dazu wurde anhand einer Stichprobe ($n_A = 50$; $n_B = 50$) eine Fehleranalyse der bearbeiteten Stationen vollzogen und dabei die Stationen der einzelnen Treatments direkt verglichen. Bei der Fehleranalyse wurden Fehlertypen kategorisiert und Rückschlüsse auf mögliche Fehlerquellen gezogen. Im Anschluss wurden die Fehlerquoten betrachtet und miteinander verglichen.

Hierbei zeigte sich kein klarer Trend, welche Diagramme besser geeignet sind, aber es wurde deutlich, dass es bei einigen Stationen Unterschiede in der Bearbeitung gab. Erstaunlicherweise zeigte sich gerade bei der Station 3B in der ein Boxplot bearbeitet werden musste im Vergleich zu anderen eine geringe Fehlerquote (20%)²⁶, wohingegen bei dem Punktdiagramm der Station 1B die höchste Fehlerquote (98 %) erreicht wurde. Die Differenz der Quoten zwischen den Variationen schwankt zwischen 3% und 36%. Bei der Fehleranalyse zeigten sich folgende Phänomene: Der Zusammenhang von Zugunruhe und Flugstrecke wurde bei der entsprechenden Station in der Variation A häufig nicht erkannt, wohingegen dies im Punktdiagramm scheinbar deutlicher wurde. Ohne das Verständnis, dass diese beiden Größen voneinander abhängig sind, war es auch nicht möglich die Aufgaben erwartungsgemäß zu lösen. Bei anderen Stationen schien die Deutung der grafischen Elemente oder auch der Legenden für manche Versuchspersonen problematischer als gedacht, da hier die Legende scheinbar nicht beachtet wurde und damit der zusätzliche Übersetzungsschritt auch nicht geleistet wurde. Weiter schienen zu viele Datenpunkte bei Diagrammen der Gruppe B für Verwirrung und Verwechslung beim Ablesen einzelner Datenpunkte und Trends zu führen. Außerdem war eine Beschreibung der Daten in beiden Gruppen problematisch. Bei offenen Fragen wurden nicht immer die Daten als Antwortgrundlage genommen, sondern es wurde auch aufgrund von subjektiven Vermutungen geantwortet. Bei Fragen, die über die Daten hinaus gingen, also eine Frage beantwortet wurde bei der man die Daten in irgendeiner Weise verarbeiten muss, wurde die Antwort nicht immer auf Plausibilität geprüft und so falsche und unrealistische Antworten gegeben.

Setzt man diese Beschreibungen der Fehler und Vermutungen über die Ursachen in Bezug zu der qualitativen Interviewstudie der Arbeit, so lassen sich möglicherweise ähnliche Muster in der Bearbeitung und den Fehlertypen wiederfinden: Die eigenen Vorstellungen wurden genutzt, um Fragen zu beantworten, auch wenn die Daten dabei vernachlässigt wurden oder mit der Frage nach Plausibilität der Ergebnisse, konnte

²⁶Die Fehlerquote gibt die Anzahl der Versuchspersonen an, die die Station nicht fehlerfrei bearbeiten konnten.

die eigene Antwort überprüft werden (Begründen - Daten & eigene Erfahrungen). Auch mussten Zusammenhänge innerhalb des Diagrammes erkannt werden, um Daten sinnvoll zu interpretieren und die Aufgabenstellung zu lösen (Anwenden - Schlüsse ziehen).

Auf Grundlage der Ergebnisse der beschriebenen Studienarbeit zeigt sich, dass eine Betrachtung von Arbeitsblättern mit Diagrammen, die schriftlich bearbeitet werden, lohnenswert sein könnte und dabei das in dieser Arbeit gebildete Kategoriensystems überprüft werden könnte. In dieser aktuellen Studie, wurde davon im Rahmen der Analyse abgesehen, da der Schwerpunkt auf einer quantitativen Analyse lag. Die Aufgabenblätter des Treatments allerdings waren so gestaltet, dass auch offene Fragen verwendet wurden, um die Stufen dem Lesen besser miteinzubeziehen. Die Testinstrumente hingegen waren überwiegend geschlossene Aufgabenformate, um damit quantitative Daten zu erheben, eine zusätzlich qualitative Untersuchung war hier nur bedingt möglich.

7 Diskussion

Das letzte Kapitel gibt Raum für eine verknüpfende und zusammenfassende Sichtweise auf das Forschungsprojekt. Die drei verschiedenen Studien werden mit dem Gesamtkonzept der Arbeit betrachtet, sowie die Bedeutsamkeit für den Unterricht und die wissenschaftliche Relevanz der Arbeit diskutiert. Die Methoden und Ergebnisse werden reflektiert und ein Ausblick auf mögliche weitere Forschungsinteressen gegeben.

7.1 Zusammenfassung

Ziel der Forschungsarbeit war es Diagramme im Unterrichtskontext von Mathematik und Biologie zu betrachten. Die Vorgehensweise dazu war, angelehnt an das didaktische Dreieck, die einzelnen Bestandteile des Zeichenprozesses zu betrachten:

1. **die Objektebene:**

Diagramme an sich werden betrachtet

2. **die Adressatenebene:**

Schülerinnen und Schüler stehen im Fokus

3. **die pragmatische Ebene:**

Verknüpfung der beiden Ebenen im Unterricht

Die vorherigen Ebenen werden auf der letzten Ebene abschließend betrachtet und in einer Studie analysiert.

In Kapitel 3.1 wurde das Forschungsinteresse und die damit verbundenen allgemeinen Forschungsfragen beschrieben. Im Laufe der Forschungsarbeit wurden die Ergebnisse der vorangegangenen Studie jeweils in die nächste Analyse miteinbezogen und die konkreten Forschungsfragen und Analysemethoden dahingehend passend und zueinander ausgewählt. Damit ist eine Verknüpfung der drei Teile weitestgehend en passant passiert und neue Aspekte wurden direkt verarbeitet.

Im Folgenden soll die Zusammenfassung der Arbeit durch die Beantwortung der Forschungsfragen dargestellt werden, um so die Ergebnisse im Gesamtkonzept zu

würdigen.

Forschungsfrage I: *Welche Diagramme werden im Biologieunterricht verwendet?*

Dem Ist-Stand der Thematik und der damit verbundenen Frage nach den Voraussetzungen für einen Einsatz von Diagrammen, wurde sich anhand einer Schulbuchanalyse genähert, wobei Diagramme in aktuellen Biologie- bzw. naturwissenschaftlichen Lehrwerken untersucht wurden. Eine Klassifikation der dort vorkommenden Diagramme lieferte eine begriffliche Grundlage für das Projekt und erste mögliche Anhaltspunkte für Einflussfaktoren beim Lesen der Diagramme gegeben wurden. Neben der Identifizierung von grafischen Elementen, die entweder integriert oder zusätzlich zum Diagramm enthalten sind, lag das Hauptunterscheidungsmerkmal auf *strukturfokussierenden* und *kontextfokussierenden* Diagrammen, die im Unterricht eingesetzt werden. Erstere sind eher bekannt aus dem Mathematikunterricht, wobei der Kontext und damit die Daten des Diagramms austauschbar sind, zweiteere bezeichnen bestimmte unterschiedliche Diagrammtypen, die aufgrund ihres Anwendungskontextes genau diese Diagrammform (z.B. die Form eines Stammbaums oder eines Netzes) einnehmen. Der Kontext bestimmt die Diagrammform und muss bekannt sein, um das Diagramm interpretieren zu können.

Forschungsfrage II: *Wie lesen Kinder Diagramme aus dem Biologieunterricht?*

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurden die Ergebnisse der vorangegangenen Analyse berücksichtigt und zunächst Diagramme aus den verschiedenen Klassen ausgewählt und als Interviewmaterial verwendet. Weiter wurden dabei informationsäquivalente Diagramme eingesetzt, um auf Unterschiede in der Interpretation und Leserichtung zu achten. Mit der Grounded Theory wurde ein Kategoriensystem zum Lesen von Diagrammen gebildet, das das Lesen im einzelnen expliziert und mögliche Einflussfaktoren identifiziert, die beschreiben durch welche Voraussetzungen oder Kompetenzen das Diagramm bearbeitet wird. Das Design, also die Art und Weise wie grafische Elemente und zusätzliche grafische Unterstützungen verwendet werden, wurde auf unterschiedliche Arten eingesetzt.

Ein zentrales Ergebnis der Interviewstudie (Kapitel 5) ist das Kategoriensystem bei dem das Bearbeiten der Diagramme in vier Bereiche eingeteilt wurde: **Lesen**, **Begründen**, **Anwenden** und **Bewerten/Kritisieren**. Die Stufen des Modells zum Lesen von Daten von Curcio/Shughnessy (Shughnessy, 2007) lassen sich in dieser Einteilung wiederfinden. *Lesen* der Diagramme entspricht den ersten beiden Stufen bei Curcio/Shughnessy und die anderen drei binden stärker den Kontext beim Lesen

der Diagramme ein, inklusive der weiterführenden Aussagen, die dazu getroffen werden.

Bei dieser Einteilung wurde deutlich, dass unterschiedliche Sichtweise auf den Kontext, durch eigenes Vorwissen oder gezielte Beeinflussung über einen Text, zu unterschiedlichen Interpretationen führen kann. Interessant war die unterschiedliche Herangehensweise, also welche Kompetenzen die Kinder genutzt haben, um die Diagramme zu lesen. Damit zusammenhängend wurden weit auseinandergehende Interpretationen beobachtet. Besonders deutlich wurde, dass der Kontext ein entscheidender Faktor dafür ist, wie die Kinder das Diagramm lesen. Von dem Kontext ist abhängig welches Vorwissen und welche Vorstellung die Adressaten, die Kinder, überhaupt besitzen, die sie benutzen könnten, um das Diagramm zu lesen. Gerade auf diesen Punkt nahm die nächste Studie verstärkt Bezug.

Neben dem Kategoriensystem wurde auch hier auf mögliche Einflussfaktoren geachtet und diese identifiziert. Zusammen mit den Variationsmöglichkeiten der Diagramme wurden mehrere Faktoren sichtbar, die auf das Lesen, Begründen, Anwenden und Kritisieren/Bewerten von Diagrammen einwirken. Zum einen ausgehend vom Objekt, also der Gestaltung der Diagramme und zum anderen ausgehend vom Subjekt, den Fähigkeiten und Kompetenzen, was unter Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler zusammengefasst wurde.

Forschungsfrage III: *Wie sollten Diagramme im Biologieunterricht eingesetzt werden?*

In der letzten Studie (Kapitel 6) wurden zwei dieser Faktoren in einem Quasi-Experiment im Unterricht verarbeitet, bei der sie variiert und mit einer Varianzanalyse untersucht wurden. Eingebettet in einer Unterrichtsstunde über Vogelflug und Vogelzug wurde das Vorwissen durch einen Lehrervertrag kontrolliert und variiert. Der zweite Faktor, die Darstellungsweisen der Diagramme (strukturfokussierend oder kontextfokussierend) wurde in den Arbeitsmaterialien einer Stationenarbeit variiert. Getestet wurde in einem Pre-Postdesign bei dem sich Interaktionseffekte der beiden Faktoren, jedoch keine Haupteffekte, zeigten. Die Interaktion (Kapitel 6.7) entstand bei den kontextfokussierenden (also eher biologisch motivierten) Diagrammen in Kombination mit einem Lehrervortrag bzw. die strukturfokussierenden (also eher mathematisch motivierten) Diagramme ohne einen Lehrervortrag zur inhaltlichen Einführung.

Das Ergebnis könnte implizieren, dass dann die grafische Unterstützung von Diagrammen besser funktioniert, wenn auch inhaltlich der Kontext stärker thematisiert wird

und dieser damit ebenso ein Lernziel ist. Eine grafische Unterstützung ist dagegen bei einer formalen und kontextlosen Behandlung der Diagramme nicht hilfreich.

7.2 Anpassung des didaktischen Dreiecks anhand der Ergebnisse

Mit Rückbezug auf das didaktische Dreieck wurden die Zusammenhänge der beteiligten Elemente untersucht und mit den Ergebnissen die Verbindungen konkretisiert. Ziel war eine systematische Untersuchung des Umgangs mit den Diagrammen unter Berücksichtigung des Zeichenprozesses, bei dem die syntaktische, semantische und pragmatische Ebenen zunächst einzeln untersucht wurden. Die Ergebnisse der einzelnen Ebenen wurden mit der Beantwortung der Forschungsfragen erläutert.

Die Ergebnisse der Studie rücken das Dreieck in eine andere Perspektive. Im Zentrum steht die Frage nach der Verknüpfung von Unterricht und Diagrammen und wie sie gegenseitig aufeinander und auf die Lernenden wirken. Die Komponente „Lehrende“ wurde durch den Unterricht ersetzt, weil dieser, als Teil des Zeichenprozess, im Zentrum der Studie stand und die pragmatische Ebene präziser darstellt. Im Gegensatz zur (einzelnen) Lehrkraft, die allerdings gleichzeitig den Unterricht maßgeblich durch „Steuerung und Unterstützung“ bestimmt (Weinert & Helmke, 1996), aber dennoch nur einen Teil des Unterrichts darstellt.

Nach der Betrachtung der einzelnen Elemente und Verbindungen und der Ergebnisse daraus, kann das Modell nun auf die erforschte Umgebung angepasst werden: Durch die Interaktionseffekte zeigte sich, dass nicht nur die einzelnen Seiten des Dreiecks auf den Lernenden wirken, sondern in diesem Fall **eine Kombination** aus beiden (vgl. Abbildung 7.1). Da es zwei Fälle gibt in denen diese Kombination wirkt, werden zwei unterschiedliche, bearbeitete Dreiecke unterschieden, die zunächst beschrieben werden.

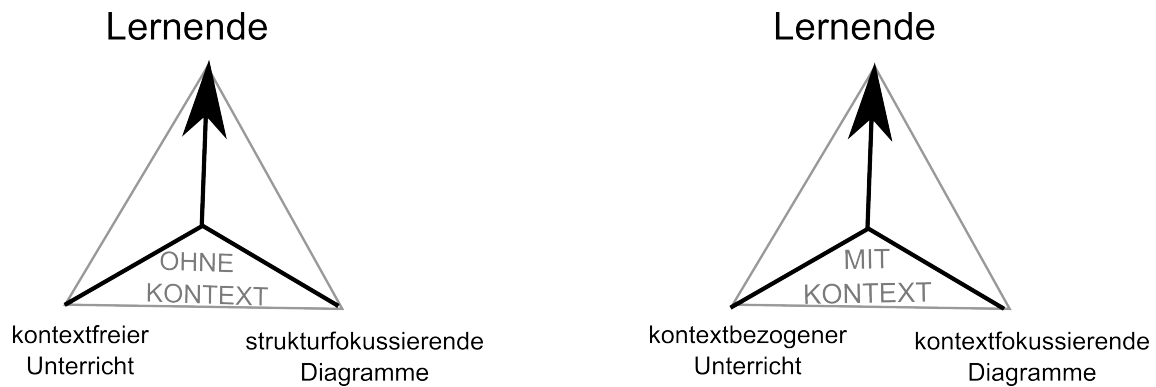


Abb. 7.1: Bestandteile des Leseprozesses mit identifizierten Einflüsselementen

Die Ecken „Unterricht“ und „Diagramme“ der Dreiecke wurden konkretisiert, um den Einfluss auf den Lernenden zu verdeutlichen. Ein *kontextfreier* Unterricht – in dem der Sachkontext im Unterricht nicht mehr separat betrachtet wird – steht dem *kontextbezogenen* Unterricht, bei dem nicht nur mit den Diagrammen alleine gearbeitet wurde, gegenüber. Ebenso werden strukturfokussierende und kontextfokussierende Diagramme unterschieden, die jeweils zu einem Dreieck gehören. Diese Bezeichnung ging aus der Schulbuchanalyse hervor und wurde in der Unterrichtsstudie eingesetzt. Insgesamt kann damit ein *kontextbezogenes* oder *kontextfreies* Dreieck unterschieden werden. *Kontextfrei* bedeutet hier nicht, dass der Kontext keine Rolle spielt, sondern er ist weniger vorgegeben oder wird weniger deutlich thematisiert. Der Zugang zu den Aufgaben ist damit, trotz bestehendem Anwendungskontext, eher innermathematisch.

Beim Dreieck werden die Ecken angepasst, wenn sich die Ausrichtung des Unterrichts verändert, so dass dabei die Zusammenhänge und Einflussfaktoren deutlich werden. Die ursprüngliche Beziehung des traditionellen Dreiecks ist im einzelnen noch vorhanden, aber im Gesamtkontext der vorliegenden Arbeit betrachtet ist eine Variation des Dreiecks angemessen und verdeutlicht die Ergebnisse dieser Arbeit.

Die Verbindungen der einzelnen Ecken werden nicht mehr über die Seiten des Dreiecks dargestellt, sondern die Kombination aus Unterricht und Kontext wirkt auf den Lernenden ein. Dieses Zusammenspiel wird visuell durch den Schnittpunkt deutlich, der dann auf die dritte Ecke, die Lernenden, hinzu läuft. Dabei soll die Wirkung der einzelnen Seiten nicht ausgeschlossen werden, so wie sie in dem ursprünglichen Modell beschrieben wird, aber die Wirkung der Kombination der einzelnen Faktoren soll verdeutlicht werden. Im Falle dieser Arbeit zeigten sich keine Haupteffekte, sondern nur Interaktionseffekte, die eben durch die Kombination dargestellt werden.

Mit dem überarbeiteten didaktischen Dreieck kann so auch die schulpraktische Relevanz der Arbeit diskutiert werden. Dabei werden nicht nur die Zusammenhänge

des einzelnen Fachunterrichts beleuchtet, sondern allgemeine mögliche Konsequenzen für Planung und Durchführung von Unterricht innerhalb der Schule werden im folgenden Abschnitt aufgezeigt.

7.3 Folgen und Relevanz der Arbeit

7.3.1 Schulpraktische Relevanz

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Anwendung von mathematischen Kompetenzen in einem anderen Schulfach und damit der Verknüpfung zweier Disziplinen. Die Studien untersuchen und verknüpfen die unterschiedliche Herangehensweise und Ausprägungen der Mathematik und Biologie beim Umgang mit Diagrammen.

Die Fächer haben je nachdem, was bei der Informationsentnahme von Diagrammen relevant ist und was mit den Diagrammen gelernt werden soll unterschiedliche Agenden. Zum einen steht das Lernen des Sachkontextes durch Diagramme auf unterschiedlichen Ebenen und Vertiefungen im Vordergrund, auf der anderen Seite kann der Umgang mit Daten und Diagrammen allgemein thematisiert werden. Diese Einteilung ließ sich in der Schulbuchanalyse wiederfinden.

Das dort erarbeitete Modell ordnet (die Bearbeitung von) Diagrammen mit wenig Anknüpfung zum Kontext oder bei denen im Design auf grafische Elemente weitgehend verzichtet wurde, eher dem Mathematikunterricht zu, wohingegen die Bedeutung des Kontextes im Biologieunterricht eine viel stärkere Rolle spielt und dort gerade deswegen Diagramme eingesetzt und thematisiert werden, um etwas über den Kontext zu erfahren. Hier ist eine Gestaltung von Diagrammen mit grafischen Elementen üblicher und auch gerechtfertigter als im Mathematikunterricht, da hierüber auch weitere semantische Informationen übertragen werden können. Eine Unterscheidung von Diagrammen ließ sich aufzeigen, die damit unterschiedlichen Fächern zugeordnet werden können. Diese Einteilung der Diagramme diente auch im weiteren Verlauf der Arbeit als begriffliche Grundlage und bestätigte sich in diversen Aspekten.

Als Folge dieser Unterscheidung knüpft sich die Frage an: *Welche Konsequenzen hat das für den (fächerübergreifenden) Unterricht?*

Sofern diese Zweiteilung der Diagramme in die beiden Fächer als Erkenntnis angenommen wird, kann der Umgang von Diagrammen im Mathematik- und Biologieunterricht durch zwei Faktoren bestimmt werden:

1. auf der semantischen und pragmatischen Ebene des Zeichenprozesses: der unterschiedliche Einsatz (u.a. durch Medien oder Methoden), der sich vor allem im Umgang mit dem Kontext zeigt.
2. auf der syntaktischen Ebene: das Design der Diagramme.

Durch diese Unterteilung, die gerade in der Interviewstudie (Kapitel 5) auf qualitativer Ebene untersucht wurde, kann diese Arbeit Aufschluss darüber geben, wie Diagramme im Unterricht adäquat eingesetzt werden könnten.

Für den interdisziplinären Charakter des Projektes war somit die Testung auf Interaktionseffekte, die diese Zweiteilung widerspiegelt notwendig. Sofern sich nur Haupteffekte gezeigt hätten, könnte damit zwar eine Aussage über die Verwendung von Diagrammen in den Fächern getroffen werden, aber der interdisziplinäre Ansatz dieser Arbeit wäre somit nicht berücksichtigt. Die verschiedenen Kombinationen der unabhängigen Faktoren repräsentieren das Zusammenspiel der Mathematik und mit dem Kontext, der das angewendete Fach, in diesem Fall die Biologie darstellt. Durch die Interaktionseffekte wird eine Tendenz deutlich, wie genau das Zusammenspiel der beiden Fächer miteinander funktionieren kann oder sollte.

Die Ergebnisse lassen demnach für den Unterricht vermuten, dass nicht nur die Diagramme ausschlaggebend sind, sondern das Setting, in dem sie eingesetzt werden, muss passend dazu sein. Fächerverbindender Unterricht mit Diagrammen würde dann funktionieren, wenn das eine Fach in dem anderen so integriert wird, dass nicht zwischen verschiedenen Ebenen und Zugängen der Fächer gewechselt werden muss. Im Biologieunterricht sind Diagramme mit Grafiken durchaus legitim und auch förderlich, sofern ein Bezug zu den Grafiken hergestellt wird. Der Kontext wird damit stärker eingebunden. Die Ergebnisse deuten aber nicht darauf hin, dass es immer notwendig ist Diagramme mit grafischen Elementen zu veranschaulichen. Diagramme, die sich z.B. stärker auf Daten und Strukturen konzentrieren, sind ebenso geeignet, um aus ihnen Informationen zu entnehmen und die Lesekompetenz von Diagrammen zu fördern, nicht nur grafisch gestaltete Diagramme.

Konkret könnte das bedeuten, dass in beiden Fächern die jeweiligen Lernziele der anderen Fächer inkludiert und erreicht werden können ohne die Gestaltung des Unterrichts grundlegend zu ändern. Damit stehen der Lehrperson zwei Zugänge zur Verfügung aus denen sie auswählen kann, wie die Lernenden die Lernziele der Mathematik und der Biologie erreichen könnten.

Bei der Einführung oder Übung eines Diagrammtyps kann der Zugang über den Kontext gewählt und ein Beispiel genommen werden, an dem die Schülerinnen und Schüler das Diagramm auf der syntaktischen Ebene (*Lesen der Daten* und *Lesen*

zwischen den Daten) (vorwiegend) mit dem Kontext erschließen oder überprüfen können. *Begründen* der Daten bzw. des Diagramms und damit testen auf Plausibilität als ein Tätigkeitsfeld beim Diagrammlesen hat sich in der Interviewstudie gezeigt. Die Lernenden stützen ihre syntaktische Interpretation aufgrund des Kontextes. Durch eine Gestaltung, die deutlich auf eine rein mathematisch motivierte Ebene hindeutet, kann dieser Zugang in diese Richtung unterstützt werden.

Umgekehrt kann sich dem Kontext auch über einen mathematisch syntaktisch orientierten Zugang genähert werden um damit die Stufen des Modells von Curcio/Shughnessy (Shughnessy, 2007) linear zu steigern; über den syntaktischen Zugang hin zum Verstehen und Hinterfragen des Kontextes. Hier kommt das *Anwenden* und *Kritisieren/Bewerten* als Schritt nach dem syntaktischen Verstehen, das durch eine entsprechende Gestaltung mit biologisch motivierten Elementen oder einem biologisch motivierten Setting begünstigt werden kann.

So kann bei dem Diagramm der Milchkanne (vgl. Abb. 5.3.3) über den syntaktischen Zugang und die semantischen Informationen über die abgebildeten Kühe auf eine Veränderung der Milchleistung und die Züchtung geschlossen werden. Umgekehrt kann sich aber genauso bei einer rein datenbasierten Herangehensweise zwangsläufig die Frage nach der Entstehung der Daten stellen.

Problematisch wird es jedoch, wenn die Schülerinnen und Schüler Fehlvorstellungen haben, auf die sie beharren (Lachmayer et al., 2007) und die damit zu Fehlinterpretation der Diagramme führen können. Kontextbezogenerer Unterricht könnte stärker dazu führen das Vorwissen und damit auch die naiven Konzepte der Lernenden aktiviert werden und damit ist die Möglichkeit der Fehlinterpretationen der Daten eher gegeben als bei kontextfreien Diagrammen. In der Arbeit konnte dieser Aspekt noch nicht getestet werden, die Folgerung erscheint jedoch naheliegend.

Generell zeigt sich damit, dass ein fächerverbindendes Arbeiten durchaus innerhalb eines Faches möglich ist und Elemente der anderen Fächer genutzt werden können ohne jedoch zu weit in den Kompetenzbereich des anderen hineinzutreten. Die Mathematiklehrkraft kann demnach Anwendungen aus dem Bereich der Biologie nutzen und das Gebiet mit Diagrammen erschließen. Die Lehrperson des Faches Biologie hingegen kann seinen motivierenden Zugang über die konkrete Anschauung und den Kontext nutzen und dabei auch die Diagrammlesefähigkeit der Schülerinnen und Schüler verbessern.

7.3.2 Wissenschaftliche Relevanz

Die vorliegende Arbeit ist als ein Exemplar dafür zu betrachten, wie ein Zeichenprozess auf einzelnen Ebenen in der Praxis angewandt wird (vgl. Kapitel 2.2) (vgl. Morris,

1988) und dient somit als Modell für den Einsatz von Diagrammen in der Schule. Dabei dient die Verknüpfung der beiden Didaktiken als sinnvolle Symbiose zur Analyse der Entstehung von Wissen anhand von Diagrammen sowie der Anwendung von *statistical literacy* (siehe Kapitel 2.3) im Unterricht. Die Arbeit hat dabei nicht nur fächerübergreifend wichtige Verknüpfungen gezeigt, sondern auch interdisziplinär Bereiche der Semiotik und Statistik/Daten verknüpft. In den Untersuchungen wurden jeweils didaktische Überlegungen beider Gebiete miteinbezogen und im Hinblick auf die Lesekompetenz von Diagrammen untersucht. Das metatheoretische Konstrukt der Herangehensweise (die Betrachtung der Lesekompetenz als Zeichenprozess) wurde aus der Semiotik entnommen.

Ergebnisse, die auch in weiteren Forschungsarbeiten verwendet werden können, sind die Analysen des Ist-Standes, die als Grundlage für weitere Arbeiten in diesem Bereich hilfreich sein können. Fokus dabei war es nicht nur die Einwicklung eines neuen Diagrammbegriff, der fächerverbindende Aspekte berücksichtigt, sondern der auch zu den aktuellen Gegebenheiten der Lernumgebungen, in diesem Fall bezogen auf die Schulbücher, passt. Theoretische Überlegungen, die aus der Semiotik oder den Didaktiken hervorgingen wurden mit der Praxis abgeglichen und eine begriffliche und kategoriale Abgrenzung für Diagramme in der Lernumgebung hergestellt. Damit konnte ein praxisnaher Diagrammbegriff geformt werden, der mit der schulischen Realität übereinstimmt und als Grundlage für weitere Forschung in diesem Bereich oder auch angrenzenden Themen (wie anderen Fächern) verwendet werden kann. Die gefundene Klassifikation kann als Grundlage für andere naturwissenschaftliche Fächer genutzt werden, um dort den Ist-Zu-Stand zu überprüfen oder weitergehende Forschungsfragen zu entwickeln und beantworten.

Bestehende Theorien, wie das Modell zum Lesen von Daten von Curcio/Shughnessy (Shughnessy, 2007) wurden weitgehend mit empirischen Befunden bestätigt und weiterführend wurde ein geeignetes Instrument zur Analyse der Prozesse beim Lesen von Diagrammen entwickelt (Kapitel 5). Dadurch werden bestehende Modelle für den Bereich der Diagramme in der Biologie präzisiert, die zur Diagnose von verschiedenen Diagrammlesekompetenzen (im Unterricht) verwendet oder auch als Leitfaden zur Aufgabengenerierung herangezogen werden können.

In den einzelnen Studien wurde jeweils deutlich, dass ein Diagramm nicht für sich betrachtet werden kann und die Wissenserkenntnis (vgl. Kadunz, 2006), die damit erreicht werden kann von mehreren Faktoren und nicht nur vom Medium selbst abhängig ist. Damit ersetzt das Diagramm nicht den Experten oder den Lehrenden, wie das Zitat von Ballstaedt (1997) (siehe Kapitel 2.1) suggeriert, sondern ist im Zeichenprozess zu betrachten, um den möglichen Wissenszuwachs zu begreifen.

Verschiedene Wissenskonzepte wurden untersucht und gerade der Bereich der Wissenskomplementarisierung (Renkl, 1996) war zentraler Aspekt in den Studien. Der Einfluss einer Verknüpfung beim Lesen der Diagramme in einer Lernumgebung, die durch den Kontext oder durch eine Einführung initiiert werden kann oder eben auch über die Gestaltung der Diagramme, wurde aufgezeigt. Damit ist nicht nur der Einbezug des Vorwissens, sondern eben auch die Komplementarisierung von fächerübergreifendem Wissen untersucht worden. Vorwissen aus unterschiedlichen Bereichen und damit möglicherweise noch stärker getrennte Strukturen der Wissensverarbeitung, wurden zusammengebracht, um so Erkenntnisse über vernetztes und interdisziplinäres Arbeiten zu gewinnen.

7.4 Reflexion des Methodenwechsels

Die methodenbasierte Exploration dient in erster Linie zur Generierung neuer Theorien (Bortz & Döring, 2006). In dieser Arbeit wird sie dazu benutzt das Phänomen Datenlesen anhand von Diagrammen mit unterschiedlichen Methoden aus verschiedenen Perspektiven zu beleuchten.

Verschiedene Forschungsansätze bedienen sich methodenwechselnder Verfahren: die Integration (vgl. Kelle, 2007), die Triangulation sowie Mixed Methods Designs (Schneider, 2014, S. 16). Dabei wird mit Mixed Methods eher mit einem pragmatischen Ansatz die Vorteile der qualitativen und quantitativen Forschungsparadigmen genutzt. Wohingegen die Triangulation, bei der allerdings auch nur Daten oder Methoden aus einem Forschungsparadigma benutzt werden können, „die Einnahme unterschiedlicher Perspektiven auf einen untersuchten Gegenstand“ (Flick, 2011) verwirklicht. Der Anspruch und die Motivation beider Methoden ist demnach unterschiedlich. Bei der Triangulation wird kritisiert, dass verschiedene Perspektiven auf einen Gegenstand nicht die selbe Erklärungskraft zur Beantwortung der Forschungsfragen besitzen (Kuckartz, 2014, S. 48).

Die vorliegende Arbeit ist dem Ansatz der Triangulation am nächsten, da verschiedene Methoden und Datensätze angewandt wurden, um dabei den Forschungsgegenstand mit Methoden der qualitativen und quantitativen Forschungsparadigmen aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten (vgl. Kapitel 3.1). Es ist allerdings zu beachten, dass es sich dabei nicht um eine Datentriangulation handelt, sondern um eine methodologische Triangulation, die zur besseren Validierung der Forschung führt (Flick, 2011, S. 16).

Da sich qualitative Analysen eher zur Theoriegenerierung eignen, wurden sie in den ersten Teilen der Arbeit eingesetzt. Dabei beleuchtet diese Arbeit nicht nur den

Gegenstand von verschiedenen Perspektiven, die sich aus den Ebenen des Zeichenprozesses (syntaktisch, semantisch und pragmatisch) ergaben, sondern die Ergebnisse werden in die weitere Untersuchung miteinbezogen. Somit sollen Widersprüche in den Ergebnissen aufgedeckt werden und eine Weiterentwicklung der generierten Theorie möglich sein.

Die vorliegende Interviewstudie als gegenstandsbegründete Theorie in der Tradition der Grounded Theory dient zur Generierung von neuem Wissen und Theorien. Glaser und Strauss (2005) machen deutlich, dass Theorie zu generieren ein Prozess ist, bei dem Hypothesen und Konzepte „im Laufe der Forschung systematisch mit Bezug auf die Daten ausgearbeitet werden“ (S. 15) und so die Theorien dabei immer wieder modifiziert werden.

Grenzen qualitativer Studien liegen u.a. in ihrer Validierung (Lueders & Reichertz, 1986; Bonß & Hartmann, 1985). Diese Arbeit baut auf kommunikative und auch pragmatische Validierung - letzteres zeigt sich über die Wahrheit der Schlussfolgerungen in der Praxis (Flick, Kardorff, Keupp, Rosenstiel & Wolff, 2012, S. 430). Durch die Weiterverwendung und Verzahnung der Ergebnisse in den jeweilig nächsten Teil zeigt sich die Gültigkeit und damit Validierung der einzelnen Studie. Wird die Studie im Gesamtkonzept der Arbeit und im Rahmen der Triangulation gesehen, werden die Validierungsstrategien durch die angemessenen eingesetzten Methoden erfüllt.

Die Schlussfolgerungen, die aus den entdeckten Kausalitäten der quasiexperimentellen Interventionsstudie gezogen wurden, müssen kritisch betrachtet werden. Die Schwäche quasiexperimenteller Designs werden u.a in Kelle (2007) genannt. Ein Kritikpunkt, der auf diese Arbeit zutrifft, ist die nicht ausreichende Herleitung der unabhängigen Variablen aus theoretischem Input, wodurch das Modell möglicherweise nicht stabil genug ist (Kelle, 2007, S. 219). Stattdessen wurden die unabhängigen Variablen aus den zuvor durchgeführten qualitativen Studien erarbeitet und verwendet, was einer pragmatischen Validierung entspricht und mit der Forschungstradition der Grounded Theory konform ist.

Im Gegensatz zu statistischen Experimenten unter Laborbedingungen, bei denen die einzelnen Faktoren besser kontrolliert werden können, sollte das Quasi-Experiment unter möglichst realistischen Umständen stattfinden. Dabei wird nicht die Frage nach der Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen beantwortet, sondern unter *welchen Umständen* die Maßnahme wirksam ist. Die Randomisierung konnte vernachlässigt werden, da Kontexteinflüsse nicht ausgeschlossen werden sollten, sondern komplexe Wirkungsweisen aufgezeigt werden (Micheel, 2010, S. 109). Quasi-Experimente bieten damit eine sinnvolle Alternative zu randomisierten Kontrollexperimenten (vgl. Shadish, Cook & Campbell, 2002).

Ziel des Projektes war es durch einen perspektivwechselnden Blick und mit methodenwechselnden Verfahren den Forschungsgegenstand umfassend zu beleuchten. Durch diesen Gesamtblick können die Schwächen der einzelnen Studien ausgeglichen werden und sind demnach nicht mehr so stark zu gewichten, als würde jede Studie für sich alleine stehen und die Forschungsfragen für sich selbst beantworten.

7.5 Grenzen der Arbeit

Ziel der Arbeit war es einen Überblick über den Einsatz und das Lesen von Diagrammen zu erhalten, so dass das didaktische Dreieck im Mittelpunkt stand und am Ende ein Gesamtbild entstehen sollte. Die einzelnen Analysen sind deshalb im Gesamtkonzept zu betrachten, wohingegen jede einzelne ebenso wichtig ist wie das Gesamtkonzept und auch hier wären vertiefende Analysen möglich gewesen, die zur Validierung der einzelnen Schritte hilfreich gewesen wären.

Auch vernachlässigt die Arbeit das Erstellen von Diagrammen und kann keine Aussage darüber treffen, ob und wie die Erstellung von Diagrammen hilft andere Diagramme lesen zu können oder sogar kritischer zu betrachten. Beim Blick in die Schulbücher erschließt sich aber schnell, dass sich diese Diagramme stark von denen unterscheiden, die Schülerinnen und Schüler selbst kreieren würden. Der Aspekt des Designs der Diagramme mit den grafischen Elementen wird in der Schule bei der Erstellung von Diagrammen nicht gefordert, sondern hier werden andere, eher strukturelle und syntaktische Aspekte gefordert.

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Arbeit mehr diagnostische Elemente als zur Förderung der Diagrammelesekompetenz enthält und damit der erste Schritt in diese Richtung gegangen wurde.

Daran anschließende Forschungsmöglichkeiten

Um eine intensivere Auseinandersetzung auf den einzelnen Ebenen des Zeichenprozesses zu erreichen, wären weitere Datenerhebungen möglich. Die Analyse der Schulbücher gibt nicht unbedingt Aufschluss über tatsächlichen Einsatz von Diagrammen, sondern zeigt nur die potentielle Verwendung von Diagrammen. Hierzu könnte eine Befragung von Lehrpersonen Auskunft darüber geben wie oft und welche Diagramme tatsächlich eingesetzt werden.

Diese Arbeit bezieht sich auf einen schulischen Kontext, in dem die Schülerinnen und Schüler lernen wie sie adäquat und kritisch mit Daten umgehen. Dieselben oder ähnliche Forschungsfragen wären jedoch sowohl in anderen Fächern möglich gewesen, als auch in einem nicht schulischen Kontext. Damit könnte untersucht

werden, welche Kompetenzen ein mündiger Bürger benötigt und verwendet, dessen schulische Ausbildung abgeschlossen ist. Werden im Alltag, also in Zeitungen oder auch im Berufsalltag bei Präsentationen oder anderen Informationen die gleiche Art von Diagrammen eingesetzt wie in Schulbüchern? Eine Analyse von Zeitschriften oder anderen Medien mit einem ähnlichen Design wäre zu dieser Frage möglich. Sofern diese Forschungsfragen in einem weiteren bildungsspezifischen Kontext betrachtet werden sollten, muss der Blick nicht weit gehen, da die Verknüpfung der beiden Disziplinen Mathematik und Biologie (oder mit einem anderen naturwissenschaftlichen Fach) auch ebenso im Hochschulbereich zu finden ist. Dort werden mathematische Inhalte in einem Anwendungsgebiet spezifisch auf dieses Fach angepasst. Durch den deutlicheren Anwendungsbezug als in der Schule könnte möglicherweise das Problem der Wissenskomplementarisierung minimiert sein. Dennoch ist unklar welche Rolle der Kontext dabei spielt und wie er in die Veranstaltungen eingebunden ist. Es wäre denkbar diese Fragestellungen mit einer separaten Untersuchung im hochschuldidaktischen Bereich zu fokussieren. Wird das Vorwissen aus dem Bereich der Biologie genutzt, um sich so der Mathematik zu nähern oder bleibt man hier auf einer eher innermathematischen Linie, die ja ebenso erfolgreich sein könnte.

8 Schlusswort

Diese Arbeit zeigte, dass Kunst und Wissenschaft sich nicht nur im Umgang Daten begegnen, sondern insbesondere bei Diagrammen. Das Lesen von Diagrammen ist eine Wissenschaft, bei der angemessene Methoden und Exaktheit gefragt sind, um mit der Interpretation beginnen zu können und sie adäquat zu beherrschen. Ebenso wichtig ist die Kunst ein stimmiges Umfeld für eine kreative Herangehensweise zu schaffen und zu fördern, um verschiedene Stufen des Datenlesens zu erreichen.

Auch bei der Herangehensweise dieser Arbeit zeigte sich Kunst und Wissenschaft in den neuen Ansätzen und dem kreativen Denken in unterschiedlichen Bereichen. Mit dem Lernort Schule als Fokus, aber mit dem Gedanken an die persönliche Lernumgebung, ist diese Arbeit nicht nur im schulischen und wissenschaftlichen Umfeld von Bedeutung, sondern auch im Alltäglichen.

So wie Diagramme eine Aufbereitung und Präsentation von Daten inklusive vorausgegangener Arbeitsschritte sind, präsentiert diese Arbeit die Ergebnisse eines Prozesses, an dessen Anfang das Phänomen Diagrammlesen stand.

Literaturverzeichnis

- Ableitinger, C. (2012). Typische Teilprozesse beim Lösen hochschulmathematischer Aufgaben: Kategorienbildung und Ankerbeispiele. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 33 (1), 87-111.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33 (2-3), 131-152.
- Anderson, M. & McCartney, R. (2003). Diagram processing: Computing with diagrams. *Artificial Intelligence*, 145 (1 - 2), 181 - 226.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York [u.a.]: Holt, Rinehart and Winston.
- Backhaus, K. (2011). *Multivariate Analysemethoden* (13. Aufl.). Berlin; Heidelberg [u.a.]: Springer.
- Bairlein, F. (1996). *Ökologie der Vögel*. Stuttgart [u.a.]: G. Fischer.
- Bakker, A. & Hoffmann, M. H. (2005). Diagrammatic reasoning as the basis for developing concepts: A semiotic analysis of students' learning about statistical distribution. *Educational Studies in Mathematics*, 60 (3), 333-358.
- Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung: die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz, Psychologie-Verlags-Union.
- Barker-Plummer, D. & Bailin, S. (2002). On the practical semantics of mathematical diagrams. In M. Anderson, B. Meyer & P. Olivier (Hrsg.), *Diagrammatic representation and reasoning* (S. 339-355). London: Springer-Verlag London Limited.
- Baur, N. (2014). *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (J. H. Blasius, Hrsg.). Wiesbaden: Springer VS.
- Beck, C. & Maier, H. (1993). Das Interview in der mathematikdidaktischen Forschung. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 14 (2), 147-179.
- Bentele, G. & Bystrina, I. (1978). *Semiotik: Grundlagen und Probleme*. Stuttgart [u.a.]: Kohhammer.
- Berthold, P. (2007). *Vogelzug* (5. Aufl.). Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Blum, W. (1985). Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion. *Mathematische Semesterberichte*, 2, 195-232.

- Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2010). Die Bedeutung von Schulbüchern im kompetenzorientierten Unterricht – am Beispiel des Naturwissenschaftsunterrichts. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 28 (1), 196 S.
- Bonß, W. & Hartmann, H. (1985). Konstruierte Gesellschaft, rationale Deutung : zum Wirklichkeitscharakter soziologischer Diskurse. *Soziale Welt, Sonderband*, 9-46.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Aufl.). Berlin ; Heidelberg [u.a]: Springer.
- Brown, A. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2 (2), 141–178.
- Brunner, M. (2015). Diagrammatische Realität und Regelgebrauch. In G. Kadunz (Hrsg.), *Semiotische Perspektiven auf das Lernen von Mathematik* (S. 9–32). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Buechter, A. & Henn, H.-W. (2004). Stochastische Modellbildung aus unterschiedlichen Perspektiven. Von der Genuesser Lotterie über Urnenaufgaben zur Keno Lotterie. *Stochastik in der Schule*, 24, 28-41.
- Bühl, A. (2014). *SPSS 22* (14., akt. Aufl.). Hallbergmoos: Pearson.
- Buss, M. (2013). *Schülervorstellungen zum Vogelzug*. Westerstede: Argus Werbeagentur. (Dissertation)
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32 (1), 9-13.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O’Shea (Hrsg.), *New directions in educational technology* (S. 15–22). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Couzens, D. (2005). *Bird migration* (1. Aufl.). London [u.a.]: New Holland.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design* (2. Aufl.). Thousand Oaks, Calif. [u.a.]: Sage.
- Curcio, F. R. (1987). Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18 (5), 382-393.
- De Lange, J. (1996). Using and applying mathematics in education. In A. J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (Hrsg.), *International handbook of mathematics education: Part 1* (S. 49–97). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Diekmann, A. (2009). *Empirische Sozialforschung* (20. Aufl.). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

- Dörfler, W. (2006). Diagramme und Mathematikunterricht. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 27 (3-4), 200-219.
- Eichler, A. (2005). *Individuelle Stochastikcurricula von Lehrerinnen und Lehrern*. Hildesheim; Berlin: Franzbecker.
- Eichler, A. & Vogel, M. (2012). Basic modelling of uncertainty: young students' mental models. *ZDM*, 44 (7), 841-854.
- Eichler, A. & Vogel, M. (2013a). Daten- und Wahrscheinlichkeitsanalyse als Modellierung. In R. Borromeo Ferri, G. Greefrath & G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematisches Modellieren für Schule und Hochschule* (S. 163-180). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Eichler, A. & Vogel, M. (2013b). *Leitidee Daten und Zufall. Von konkreten Beispielen zur Didaktik der Stochastik* (2. Aufl.). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Erlebnis Natur & Co. 1.* (2004). Hannover: Schroedel-Schulbuchverl.
- Erlebnis Natur & Co. 3* (A,1 Aufl.). (2005). Hannover: Schroedel-Schulbuchverl.
- Fischer, A. (2011). Schwierigkeiten beim diagrammatischen Schließen - eine Fallstudie. In G. Kadunz (Hrsg.), *Sprache und Zeichen. Zur Verwendung von Linguistik und Semiotik in der Mathematikdidaktik* (S. 83-108). Hildesheim, Berlin: Franzbecker.
- Flick, U. (2011). *Triangulation. Eine Einführung* (3. Aufl.). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flick, U. (2012). *Qualitative Forschung: ein Handbuch* (9. Aufl., Originalausg. Aufl.). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.
- Flick, U., Kardorff, E. v., Keupp, H., Rosenstiel, L. v. & Wolff, S. (2012). *Handbuch qualitative Sozialforschung* (3. Aufl.). Weinheim: Beltz, Psychologie-Verl.-Union.
- Friel, S. N., Curcio, F. R. & Bright, G. W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32 (2), 124-158.
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70 (1), 1-25.
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (2005). *Grounded theory* (2. Aufl.; A. T. Paul, Hrsg.). Bern [u.a.]: Huber.
- Gläser-Zikuda, M., Fuß, S., Laukenmann, M., Metz, K. & Randler, C. (2005). Promoting students' emotions and achievement - instructional design and evaluation of the ecole-approach. *Learning and instruction*, 15 (5), 481-495.
- Greefrath, G., Kaiser, G., Blum, W. & Borromeo Ferri, R. (2013). Mathematisches Modellieren – Eine Einführung in theoretische und didaktische Hintergründe. In R. Borromeo Ferri, G. Greefrath & G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematisches Mo-*

- delieren für Schule und Hochschule: Theoretische und didaktische Hintergründe (S. 11–37). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Heidegger, M. (2006). *Sein und Zeit* (19. Aufl.). Tübingen: Niemeyer.
- Helfferich, C. (2005). *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews* (2. Aufl.). Wiesbaden: Verl. für Sozialwiss.
- Helmke, A. (1992). *Selbstvertrauen und schulische Leistungen*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Hoffmann, M. H. G. (2005). *Erkenntnisentwicklung. Ein semiotisch-pragmatischer Ansatz* (Bd. 90). Frankfurt am Main: Klostermann.
- Huber, O. (2009). *Das psychologische Experiment. Eine Einführung* (5. Aufl.). Bern: Huber.
- Jank, W. & Meyer, H. (2005). *Didaktische Modelle* (7. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Jong, T. D. & Joolingen, W. R. V. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201.
- Jungbauer, W. (Hrsg.). (2004). *Netzwerk Biologie 3*. Braunschweig: Jungbauer, Wolfgang.
- Kadunz, G. (2006). Schrift und Diagramm: Mittel beim Lernen von Mathematik. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 27 (3), 220–239.
- Kadunz, G. (2015). *Semiotische Perspektiven auf das Lernen von Mathematik*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kattmann, U. (2008). Diagramme. In H. Gropengießer & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (8. Aufl., S. 340-356). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Kelle, U. (2007). *Die Integration qualitativer und quantitativer Methoden in der empirischen Sozialforschung. Theoretische Grundlagen und methodologische Konzepte*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kinzelbach, R. (2005). *Das Buch vom Pfeilstorch*. Marburg an der Lahn: Basiliken-Presse.
- Kotzebue, L. v., Gerstl, M. & Nerdel, C. (2014). Common mistakes in the construction of diagrams in biological contexts. *Research in Science Education*, 1-21.
- Kroepfl, B., Peschek, W. & Schneider, E. (2000). Stochastik in der Schule: Globale Ideen, lokale Bedeutungen, zentrale Tätigkeiten. *Mathematica didactica*, 23 (2), 25-57.
- Krüger, H.-H. & Pfaff, N. (2008). Triangulation quantitativer und qualitativer Zugänge in der Schulforschung. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung* (2. Aufl., S. 157-180). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.
- Kuckartz, U. (2014). *Mixed methods*. Wiesbaden: Springer.

- Lachmayer, S. (2008). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht*. [Dissertation]. Kiel: Universitätsbibliothek.
- Lachmayer, S., Nerdel, C. & Prechtel, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 145-160.
- Lambacher Schweizer 5. (2014). Stuttgart: Klett.
- Laukenmann, M., Bleicher, M., Fuß, S., Gläser-Zikuda, M., Mayring, P. & von Rhöneck, C. (2003). An investigation of the influence of emotional factors on learning in physics instruction. *International Journal of Science Education*, 25 (4), 489-507.
- Leuders, T. & Holzäpfel, L. (2011). Kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 39 (3), 213-230.
- Lueders, C. & Reichertz, J. (1986). Wissenschaftliche Praxis ist, wenn alles funktioniert und keiner weiß warum - Bemerkungen zur Entwicklung qualitativer Sozialforschung. *Sozialwissenschaftliche Literatur-Rundschau*, 9 (90-102).
- Mayring, P. (1997). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (6. Aufl.). Weinheim: Dt. Studien-Verl.
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Datenanalyse: Eine Anleitung zum qualitativen Denken*. Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. & Rhöneck, C. v. (2003). *Learning emotions: the influence of affective factors on classroom learning*. Frankfurt am Main ; Berlin ; Bern ; Wien [u.a.]: Lang.
- Meletiou, M. & Lee, C. (2002). Students' understanding of histograms: a stumbling stone to the development of intuition about variation. In B. Philips (Hrsg.), *Proceedings of sixth international conference on teaching statistics*. Cape Town.
- Mähler, C. (1999). Naive Theorien im kindlichen Denken. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 31 (2), 53-66.
- Micheel, H.-G. (2010). *Quantitative empirische Sozialforschung*. München; Basel: Reinhardt.
- Moore, D. S. (1998). Statistics among the liberal arts. *Journal of the American Statistical Association*, 93 (444), 1253-1259.
- Morris, C. W. (1988). *Grundlagen der Zeichentheorie*. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch-Verl.
- Myhill, D. & Brackley, M. (2004). Making connections: Teachers' use of children's prior knowledge in whole class discourse. *British Journal of Educational Studies*, 52 (3), 263-275.

- Natur bewusst : Materie, Natur, Technik; Hauptschule. - 2, [Schülerbd.].* (2005). Braunschweig: Westermann.
- Perkins, D. N. & Simmons, R. (1988). Patterns of misunderstanding: An integrative model for science, math, and programming. *Review of Educational Research*, 58 (3), 303-326.
- Philipp, K. (2013). *Experimentelles Denken*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Pillay, H., Boles, W. W. & McCrindle, A. R. (2001). Understanding the use of domain and task knowledge in the interpretation of graphical displays. *European Journal of Psychology of Education*, 16 (4), 491-508.
- Prediger, S. & Link, M. (2012). Fachdidaktische Entwicklungsforschung – ein lernprozessfokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche . In H. Bayrhuber et al. (Hrsg.), *Formate fachdidaktischer Forschung. Empirische Projekte - historische Analysen - theoretische Grundlagen*. (S. 29 – 46). Münster u.a.: Waxmann.
- Prisma Biologie 7-10.* (2005). Ernst Klett Verlag.
- Prokop, P., Kubiak, M. & Fančovičová, J. (2007). Why do cocks crow? Children's concepts about birds. *Research in Science Education*, 37 (4), 393-405.
- Przyborski, A. & Wohlrab-Sahr, M. (2014). Forschungsdesigns für die qualitative Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 117-133). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Randler, C. (2012). Field experiments in learning research. In N. Seel (Hrsg.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (S. 1293-1297). Springer US.
- Randler, C., Hummel, E., Glaeser-Zikuda, M., Vollmer, C., Bogner, F. & Mayring, P. (2011). Reliability and validation of a short scale to measure situational emotions in science education. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6, 359-370.
- Rasch, B., Frieze, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). *Quantitative Methoden 2. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Reichelt, J. (2014). *Vorschulische Förderung mathematischer Basiskompetenzen* [Hochschulschrift]. Heidelberg.
- Reif, F. & Larkin, J. H. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 733-760.
- Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. In J. Möller (Hrsg.), *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung* (S. 175-190.). Weinheim: Beltz.

- Richards, C. (2002). The fundamental design variables of diagramming. In M. Anderson, B. Meyer & P. Olivier (Hrsg.), *Diagrammatic representation and reasoning* (S. 85–102). London: Springer-Verlag London Limited.
- Roth, W.-M. & Bowen, G. M. (2003). When are graphs worth ten thousand words? An expert-expert study. *Cognition and Instruction*, 21 (4), 429–473.
- Roth, W.-M., Bowen, G. M. & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (9), 977–1019.
- Rudolf, M. & Müller, J. (2012). *Multivariate Verfahren: Eine praxisorientierte Einführung mit Anwendungsbeispielen in SPSS* (2. Aufl.). Göttingen; Bern; Wien [u.a.]: Hogrefe.
- Schecker, H. (2014). Überprüfung der Konsistenz von Itemgruppen mit Cronbachs α [Online Zusatzmaterial]. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin; Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Scherrmann, A. (2013). Veranschaulichungen statistischer Daten verstehen. In J. Sprenger, A. Wagner & M. Zimmermann (Hrsg.), *Mathematik lernen, darstellen, deuten, verstehen: Didaktische Sichtweisen vom Kindergarten bis zur Hochschule* (S. 161–176). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Schletter, J. C. & Bayrhuber, H. (1998). Lernen und Gedächtnis – Kompartimentalisierung von Schülervorstellungen und wissenschaftlichen Konzepten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4 (1998), 3.
- Schmidt-Koenig, K. (1980). *Das Rätsel des Vogelzugs: faszinierende Erkenntnisse über das Orientierungsvermögen der Vögel* (1. Aufl.). Hamburg: Hoffmann & Campe.
- Schneider, A. (2014). Triangulation und Integration von qualitativer und quantitativer Forschung in der Sozialen Arbeit. In E. Mührel & B. Birgmeier (Hrsg.), *Perspektiven sozialpädagogischer Forschung: Methodologien - Arbeitsfeldbezüge - Forschungspraxen* (S. 15–30). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Schnell, S. (2013). *Muster und Variabilität erkunden: Konstruktionsprozesse kontextspezifischer Vorstellungen zum Phänomen Zufall*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaft*, 29 (4), 292–318.
- Schnotz, W. (2002). Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen. In *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. (S. 64–81). Weinheim: Beltz.

- Schumacher, S. (2017). *Lehrerprofessionswissen im Kontext beschreibender Statistik*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Selter, C. & Spiegel, H. (2001). *Wie Kinder rechnen*. Leipzig: Klett-Grundschulverl.
- Shadish, W. R., Cook, T. D. & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston [u.a.]: Houghton Mifflin.
- Shah, P. (2002). Graph comprehension: The role of format, content and individual differences. In M. Anderson, B. Meyer & P. Olivier (Hrsg.), *Diagrammatic representation and reasoning* (S. 173–185). London: Springer-Verlag London Limited.
- Shaughnessy, J. M. (2007). Research on statistics learning and reasoning. In F. K. Lester (Hrsg.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (S. 958–1009). Charlotte, NC: Information Age.
- Stecken, T. (2013). *Diagrammkompetenz von Grundschulern: eine empirische Erhebung; Entwicklung, Validierung und Auswertung eines Diagrammverständnis-tests auf Basis eines Kompetenzmodells für den Mathematikunterricht*. Münster: WTM, Verl. für Wiss. Texte und Medien.
- Strauss, A. L. & Corbin, J. M. (1996). *Grounded theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Psychologie-Verl.-Union.
- Stresemann, E. (1996). *Die Entwicklung der Ornithologie: von Aristoteles bis zur Gegenwart*. Wiesbaden: Aula-Verl.
- Trabant, J. (1976). *Elemente der Semiotik*. München: Beck.
- Tufte, E. R. (2011). *The visual display of quantitative information* (2. Aufl.). Cheshire, Conn.: Graphics Press.
- Umwelt: Biologie : 9/10*. (1997). Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *ETS Research Report Series*, 1992 (1), 4–20.
- Wallman, K. K. (1993). Enhancing statistical literacy: Enriching our society. *Journal of the American Statistical Association*, 88 (421), pp. 1–8.
- Weinert, F. E. & Helmke, A. (1996). Der gute Lehrer: Person, Funktion oder Fiktion? In *Die Institutionalisierung von Lehren und Lernen*. (S. 223–233). Weinheim.
- Wild, C. & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67 (3), 223–248.
- Witzel, A. (1982). *Verfahren der qualitativen Sozialforschung*. Frankfurt/Main [u.a.]: Campus-Verl.
- Wollring, B. (1994). *Qualitative empirische Untersuchungen zum Wahrheitsverständnis bei Vor- und Grundschulkindern*. Westphälische Wilhelms-Universität Münster. (Habilitation)

Abbildungsverzeichnis

2.1	„A model of statistical literacy“ (Gal, 2002)	16
2.2	Statistisches Modellierungsmodell in Eichler und Vogel (2013a)	16
3.1	Bestandteile des Leseprozesses bezogen auf Diagramme im schulischen Kontext	27
4.1	Diagramme als Bestandteil des Leseprozesses	31
4.2	Der Hund als grafisches Element in einem Kreisdiagramm (<i>Erlebnis Natur & Co. 1</i> , 2004)	37
4.3	Diagramm Klasse A)	38
4.4	Diagramm Klasse B)	39
4.5	Diagramm Klasse C)	39
4.6	Diagramm Klasse D)	40
4.7	Diagramm Klasse E)	42
4.8	Diagramm Klasse F)	42
4.9	Darstellung des Übergangs der beiden Diagrammklassen	46
5.1	Der Lernende als Bestandteil des Leseprozesses im Fokus	51
5.2	Kreisdiagramm zu den Kosten eines Hundes (<i>Erlebnis Natur & Co. 1</i> , 2004).	57
5.3	Diagramm eines Stammbaum (<i>Umwelt: Biologie : 9/10</i> , 1997).	57
5.4	Diagramm zur Milchleistung (<i>Erlebnis Natur & Co. 3</i> (2005)).	58
5.5	Darstellung in einem Liniendiagramm	59
5.6	Das Diagramm „Artenvielfalt“ mit und ohne grafischen Elementen (<i>Prisma Biologie 7-10</i> , 2005)	63
5.7	Darstellung des Konzeptes von Handlungsfeldern und Einflussfaktoren	71
6.1	Der Unterricht als Bestandteil des Leseprozesses im Fokus	76
6.2	Diagrammklassen zur Verarbeitung in der Studie	88
6.3	Bestandteile des Leseprozesses mit untersuchten Faktoren, die im Unterricht auf den Lernenden einwirken können	89
6.4	Häufigkeitsverteilungen	98

6.5	Profildigramme der Varianzanalysen mit den Kovariaten	104
7.1	Bestandteile des Leseprozesses mit identifizierten Einflusselementen .	115

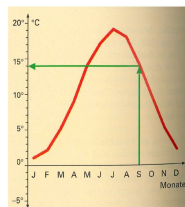
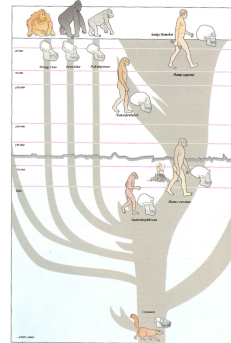
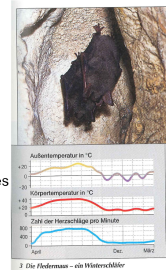
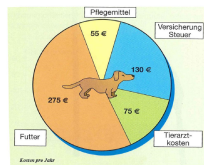
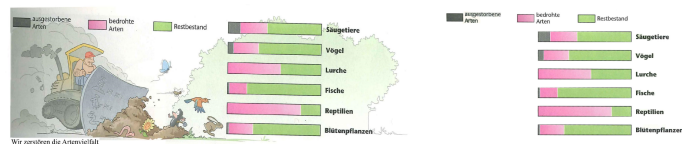
Tabellenverzeichnis

6.1	Design des 2x2 Treatmentgruppen	91
6.2	Testinstrumenten mit Zeitplan	92
6.3	Punkteverteilung Kompetenztests	96
6.4	Erreichte Punktzahlen (Prozent von Gesamtpunktzahl) in den Kom- petenztests	100
6.5	Erreichte Punktzahlen in den Wissenstests	100
6.6	Ergebnistabelle der emotionalen Komponenten in den Tests gesamt (ohne Kontrollgruppe)	101
6.7	Situative Lernemotionen	101
6.8	Tests der Zwischenssubjekteffekte Vogelwissen	102
6.9	Tests der Zwischenssubjekteffekte	103
6.10	Interaktionseffekte	106

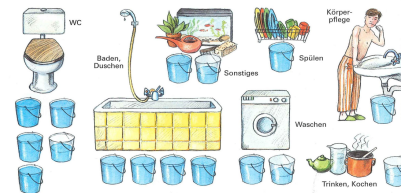
A Anhang

Interviewmaterial

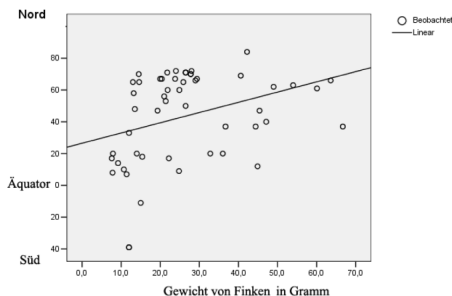
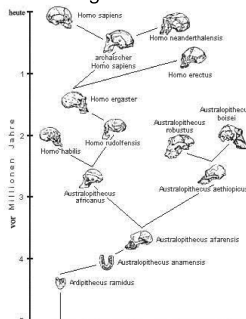
Diagramme der 1. Phase



Temperaturkurve	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Stuttgart	1,0	2,4	5,7	9,6	14,3	17,3	18,3	14,8	9,5	5,2	2,1	
Freiburg	1,8	3,2	6,6	10,0	14,4	17,7	19,9	19,2	10,2	11,3	6,0	2,7



Neue Diagramme der 2. Phase



Material und Tests in der Interventionsstudie



ID: _____

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

Wir bitten dich, den Fragebogen sorgfältig auszufüllen.

Und so wird's gemacht:

Jede Zeile enthält eine Aussage, der du mehr oder weniger zustimmen kannst. Kreuze den Kreis mit Bleistift an, der deiner Meinung am besten entspricht.

Wenn du einer Aussage überhaupt nicht zustimmen kannst, kreuzt du den Kreis ganz links an (trifft gar nicht zu). Wenn du einer Aussage völlig zustimmst, dann kreuzt du den Kreis ganz rechts an (trifft völlig zu). Die anderen Kreise dazwischen nimmst du, wenn du der Aussage nur teilweise zustimmen kannst.

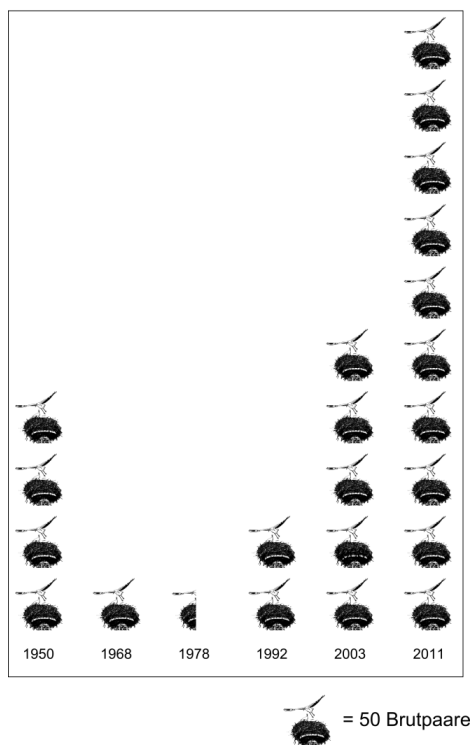
Immer nur einen Kreis ankreuzen!



	trifft gar nicht zu		teils/teils		trifft völlig zu
01 Die Stunde hat mir Freude gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
02 Ich fand das Thema wichtig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
03 Ich habe mich gelangweilt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
04 Ich war mit der Stunde zufrieden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
05 Ich war mit den Gedanken heute öfter woanders.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
06 Der Unterricht hat mir Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
07 Was ich über das Thema erfahren habe, bringt mir was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
08 Ich möchte mehr über das Thema erfahren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
09 Die heutige Stunde war zum Einschlafen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Der Weißstorch in Baden –Württemberg

Weißstorch Brutbestand in Baden Württemberg



Der Weißstorch ist ein gutes Beispiel für vom Aussterben bedrohte Zugvögel. Er ernährt sich vor allem von Fröschen, Schnecken und Würmern. Deshalb braucht er Feuchtgebiete zum Überleben. Doch viele feuchte Wiesen werden zur besseren landwirtschaftlichen Nutzung trocken gelegt. Dadurch verliert der Weißstorch seinen Lebensraum. Hinzu kommt, dass die Weißstörche in ihren Überwinterungsquartieren gejagt werden. Oftmals überleben sie den langen Zug nicht. Sie sterben an Altersschwäche oder verunglücken im Sturm.

Durch Naturschutz-Projekte des Landes Baden-Württemberg konnte sich der Brutbestand der Weißstörche in den letzten Jahren wieder erholen.

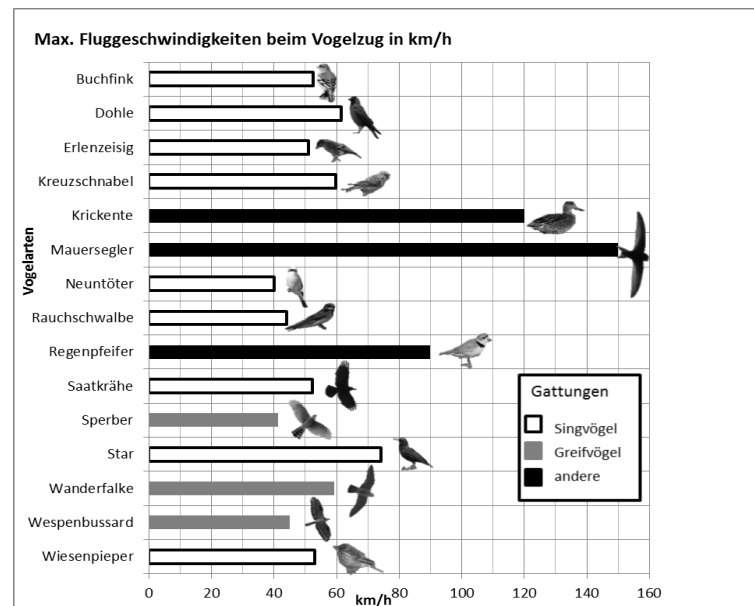
1) Fülle die Tabelle aus. Benutze dazu das Diagramm.

Jahr						
Brutpaare						

2) Kreuze an, welche der Aussagen richtig sind.

- ☐ In Baden-Württemberg nahm der Weißstorch-Bestand von etwa 200 Brutpaaren im Jahr 1950 auf etwa 25 Brutpaare im Jahr 1978 ab.
- ☐ Bis zum Jahr 2011 hat sich der Brutbestand des Weißstorchs im Vergleich zu 1950 verzehnfacht.
- ☐ Im Jahr 1968 lebten in Baden-Württemberg etwa 90 Storchpaare.
- ☐ Seit 1992 steigt die Anzahl der Brutpaare jedes Jahr an.

Fluggeschwindigkeiten



- 1) Welche Vogelart fliegt am schnellsten? _____
- 2) Welche Vogelart fliegt am langsamsten? _____
- 3) Vergleiche in wenigen Sätzen die verschiedenen Gattungen (Singvögel/Greifvögel/andere):
 - a) Singvögel mit Greifvögeln:

- b) Singvögel mit anderen:

- c) Greifvögel mit anderen:

- 4) Stell dir vor der Weg nach Afrika ist 6000 km lang. Suche dir einen Vogel raus und schätze wie lange er für die Reise dorthin braucht. Begründe deine Antwort.

Station 3A

Rückkehr des Pirol aus dem Winterquartier

April	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30
Mai	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15

Der Kalender zeigt dir das unterschiedliche Rückkehrverhalten der Männchen und Weibchen. Daran kannst du ablesen wie das Verhältnis der zurückkommenden Männchen zu den Weibchen ist.

- = Ankunft der Männchen
- = Ankunft der Weibchen

1) Wer kommt durchschnittlich früher zurück?

- ☐ Männchen ☐ Weibchen

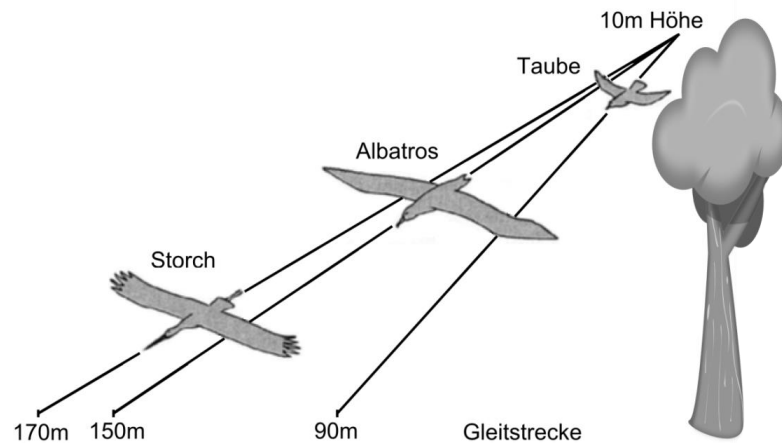
2) Beschreibe anhand des Kalenders die Rückkehr der Vögel.

3) Warum haben die Männchen und Weibchen des Pirols unterschiedliche Ankunftszeiten?

- ☐ Sie fliegen unterschiedlich schnell.
- ☐ Sie fliegen unterschiedliche Strecken.
- ☐ Die Vögel, die früher ankommen sichern sich die besten Plätze zum Brüten.
- ☐ Die Vögel fliegen nicht gerne miteinander.

Station 4A

Gleitflug



Wenn sich ein Vogel vom Ast schwingt und mit ausgebreiteten Flügeln zur Erde schwebt, macht er einen *Gleitflug*. Er schlägt dabei nicht mit den Flügeln.

1) **Kreuze die richtigen Aussagen an. Es können mehrere Aussagen richtig sein.**

- ☐ Eine Taube gleitet weiter als ein Albatros.
- ☐ Bei 10 m Höhe kann ein Albatros 170 m weit gleiten.
- ☐ Eine Taube gleitet bei einer Höhe von 20 Metern 180 Meter weit.
- ☐ Wenn sich ein Storch von einem 5 Meter hohen Ast schwingt, kann er 100 Meter weit gleiten.
- ☐ Der Albatros gleitet 60m weiter als eine Taube.

2) **Erfinde eine eigene Aussage, ähnlich wie in Aufgabe 1), die richtig ist.**

3) **Warum kann es für die Vögel wichtig sein lange Strecken zu gleiten? Beschreibe in wenigen Sätzen, was du vermutest.**

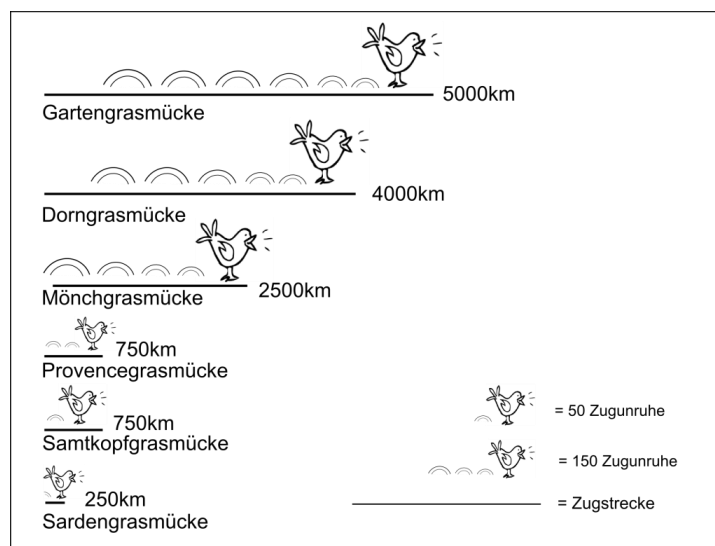
Station 5A

Zugunruhe

Manche Zugvögel fliegen nur nachts, um zu ihrem Winterquartier zu kommen. Wenn diese Vögel in Käfigen gehalten werden, hat man festgestellt, dass sie im Herbst zu bestimmten Zeiten nachts umher hüpfen. Vogelzugforscher begannen deshalb kleine Vögel während des Herbstzuges in „Orientierungstrichter“ und Käfige zu setzen. Dabei wurde beobachtet, wie lange die Vögel nachts hüpfen. Dies wurde als *Zugunruhe* bezeichnet. Wissenschaftler notierten nun,

- wie viele Nächte die Vögel hüpfen und
- wie viele Stunden sie pro Nacht hüpfen.

Sie ermittelten so einen Wert, der diese Zugunruhe verdeutlicht: je höher dieser Wert ist, desto mehr Zugunruhe hat der jeweilige Vogel.



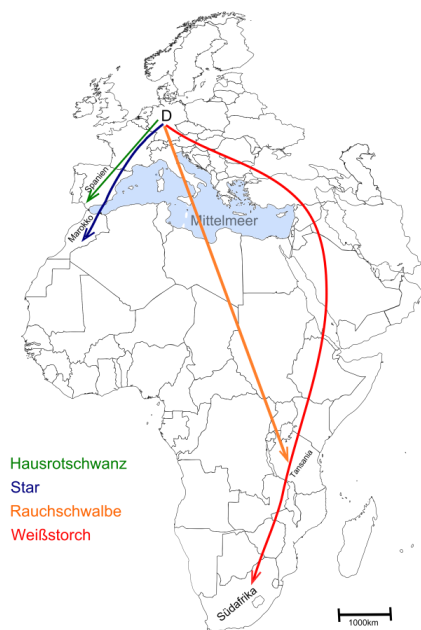
1) Ergänze folgende Aussagen, so dass sie richtig sind:

- Die Dorngrasmücke zieht _____ km weiter als die Samtkopfgrasmücke.
- Am meisten Zugunruhe hat _____.
- _____ zieht 1000km weiter als _____.

2) Welche Aussagen sind richtig. Kreuze an.

- ☐ Flugweite und Zugunruhe haben nichts miteinander zu tun.
- ☐ Je mehr Zugunruhe die Vögel haben, desto weiter ist die Entfernung zu dem Winterquartier des Vogels.
- ☐ Am weitesten zieht die Dorngrasmücke.

Zugrouten der Vögel



1) Warum ziehen die Vögel überhaupt? Gib in wenigen Sätzen eine Begründung an.

2) Ordne die Vögel nach ihrer Flugweite an.

3) Vervollständige:

- a) Der Storch fliegt ungefähr _____ km weit.
b) Der Star fliegt ungefähr _____ km weit.

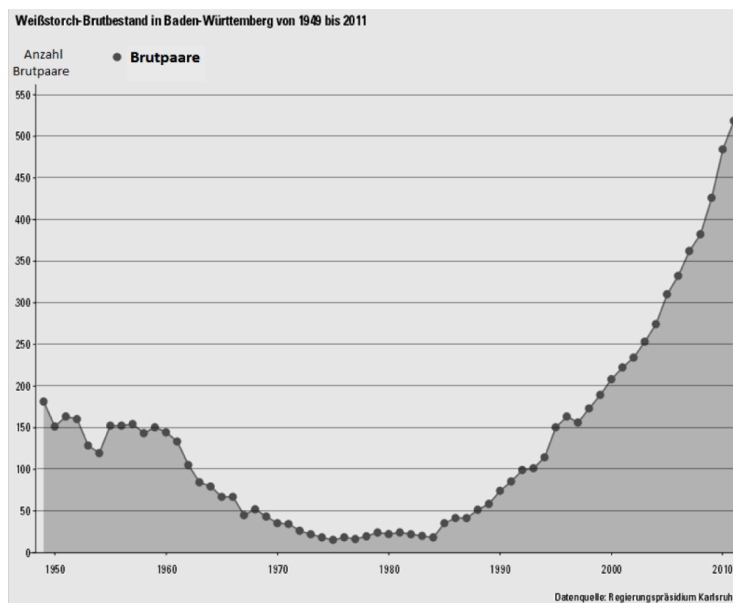
Station 1B

Der Weißstorch in Baden –Württemberg

Der Weißstorch ist ein gutes Beispiel für vom Aussterben bedrohte Zugvögel. Er ernährt sich vor allem von Fröschen, Schnecken und Würmern. Deshalb braucht er Feuchtgebiete zum Überleben. Doch viele feuchte Wiesen werden zur besseren landwirtschaftlichen Nutzung trocken gelegt und der Weißstorch verliert seinen Lebensraum. Hinzu kommt, dass die Weißstörche in ihren Überwinterungsquartieren

gejagt werden und oftmals den langen Zug nicht überleben. Sie sterben an Altersschwäche oder verunglücken im Sturm.

Durch Naturschutz-Projekte des Landes Baden-Württemberg konnte sich der Brutbestand der Weißstörche in den letzten Jahren wieder erholen.



1) Trage in die Tabelle sechs Datenpunkte deiner Wahl ein.

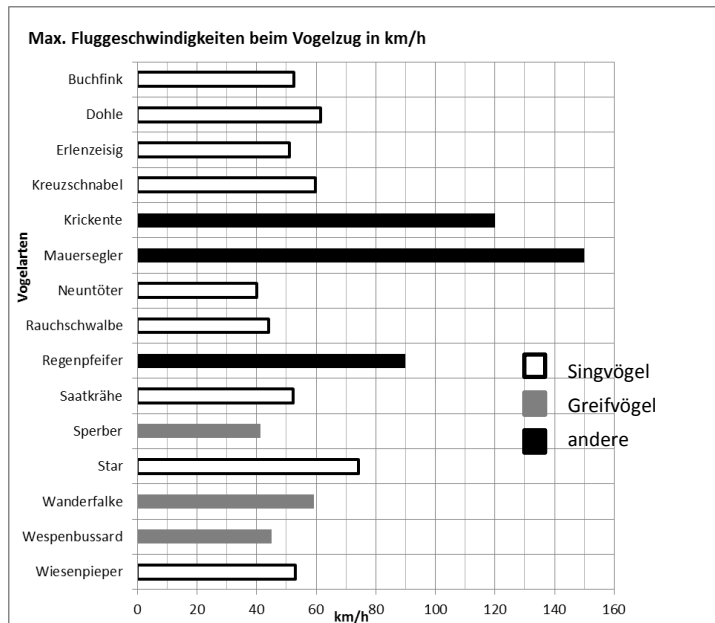
Jahr						
Brutpaare						

2) Kreuze an, welche der Aussagen richtig sind.

- ☐ In Baden-Württemberg nahm der Weißstorch-Bestand von etwa 200 Brutpaaren im Jahr 1950 auf etwa 25 Brutpaare im Jahr 1978 ab.
- ☐ Bis zum Jahr 2011 hat sich der Brutbestand des Weißstorchs im Vergleich zu 1950 verzehnfacht.
- ☐ Im Jahr 1968 lebten in Baden-Württemberg etwa 90 Storchpaare.
- ☐ Seit 1992 steigt die Anzahl der Brutpaare jedes Jahr an.

Station 2B

Fluggeschwindigkeiten



- 1) Welche Vogelart fliegt am schnellsten? _____
- 2) Welche Vogelart fliegt am langsamsten? _____
- 3) Vergleiche in wenigen Sätzen die verschiedenen Gattungen (Singvögel/Greifvögel/andere):
 - a) Singvögel mit Greifvögeln:

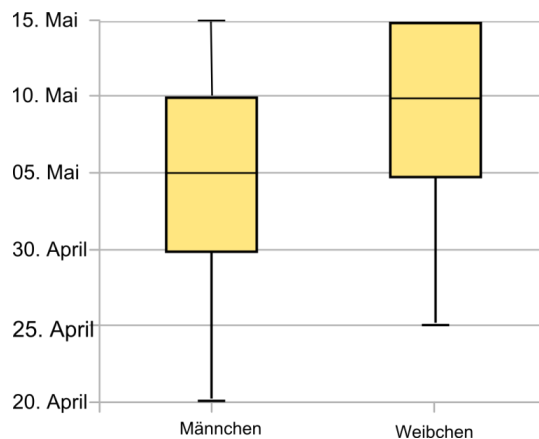
- b) Singvögel mit anderen:

- c) Greifvögel mit anderen:

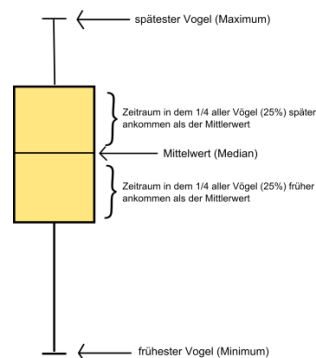
- 4) Stell dir vor der Weg nach Afrika ist 6000 km lang. Suche dir einen Vogel raus und schätze wie lange er für die Reise dorthin braucht. Begründe deine Antwort.

Station 3B

Rückkehr des Pirol



Das Diagramm, das du hier siehst, nennt man einen *BoxPlot*. Daran wird die gezeigt wie die Vögel über die Zeit ankommen. An dem Bild siehst du, wie man den Boxplot lesen kann.



1) Wer kommt im Durchschnitt früher zurück?

- ☐ Männchen ☐ Weibchen

2) Beschreibe anhand des Boxplots die Rückkehr der Vögel.

3) Warum haben die Männchen und Weibchen des Pirols unterschiedliche Ankunftszeiten?

- ☐ Sie fliegen unterschiedlich schnell.
- ☐ Sie fliegen unterschiedliche Strecken.
- ☐ Die Vögel, die früher ankommen sichern sich die besten Plätze zum Brüten.
- ☐ Die Vögel fliegen nicht gerne miteinander.

Station 4B

Gleitflug

Gleitstrecke der Vögel bei 10m Abflughöhe

Storch	170m
--------	------

Albatros	150m
----------	------

Taube	90m
-------	-----

Wenn sich ein Vogel vom Ast schwingt und mit ausgebreiteten Flügeln zur Erde schwebt, macht er einen *Gleitflug*. Er schlägt dabei nicht mit den Flügeln.

1) Kreuze die richtigen Aussagen an. Es können mehrere Aussagen richtig sein.

- ☐ Eine Taube gleitet weiter als ein Albatros.
- ☐ Bei 10 m Höhe kann ein Albatros 170 m weit gleiten.
- ☐ Eine Taube gleitet bei einer Höhe von 20 Metern 180 Meter weit.
- ☐ Wenn sich ein Storch von einem 5 Meter hohen Ast schwingt, kann 100 Meter weit gleiten.
- ☐ Der Albatros gleitet 60m weiter als eine Taube.

2) Erfinde eine eigene Aussage, ähnlich wie in Aufgabe 1), die richtig ist.

3) Warum kann es für die Vögel wichtig sein lange Strecken zu gleiten? Beschreibe in wenigen Sätzen, was du vermutest.

Station 5B

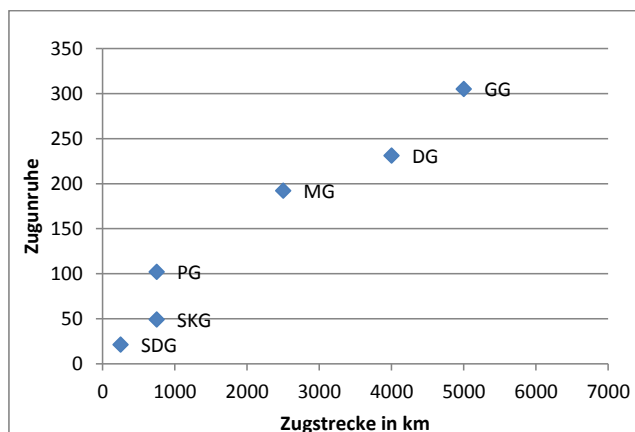
Zugunruhe

Manche Zugvögel fliegen nur nachts, um zu ihrem Winterquartier zu kommen. Wenn diese Vögel in Käfigen gehalten werden, hat man festgestellt, dass sie im Herbst zu bestimmten Zeiten nachts umher hüpfen. Vogelzugforscher begannen deshalb kleine Vögel während des Herbstzuges in „Orientierungstrichter“ und Käfige zu setzen. Dabei wurde beobachtet, wie lange die Vögel nachts hüpfen. Dies wurde als *Zugunruhe* bezeichnet. Wissenschaftler notierten nun,

- wie viele Nächte die Vögel hüpfen und
- wie viele Stunden sie pro Nacht hüpfen.

Sie ermittelten so einen Wert, der diese Zugunruhe verdeutlicht: je höher dieser Wert ist, desto mehr Zugunruhe hat der jeweilige Vogel.

Diese Zugunruhe ist auf der y-Achse aufgetragen. Auf der x-Achse findest du die Entfernung zwischen Brutgebiet und Winterquartier in km.



Mönchsgrasmücke	MG
Sardengrasmücke	SDG
Gartengrasmücke	GG
Provencegrasmücke	PG
Samtkopfgrasmücke	SKG
Dorngrasmücke	DG

1) Ergänze folgende Aussagen, so dass sie richtig sind:

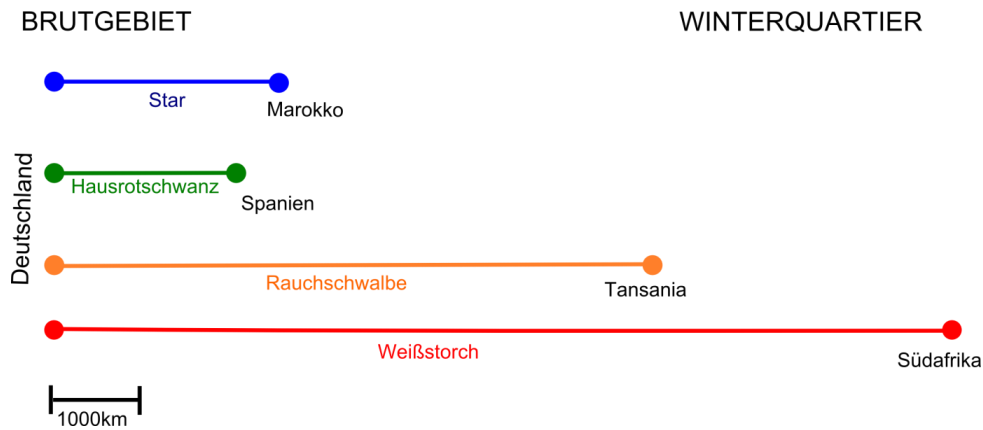
- Die Dorngrasmücke zieht _____ km weiter als die Weißbartgrasmücke.
- Am meisten Zugunruhe hat _____.
- _____ zieht 1000km weiter als _____.

2) Welche Aussagen sind richtig? Kreuze an.

- ☐ Flugweite und Zugunruhe haben nichts miteinander zu tun.
- ☐ Je mehr Zugunruhe die Vögel haben, desto weiter ist die Entfernung zu dem Winterquartier des Vogels.
- ☐ Am weitesten zieht die Dorngrasmücke.

Station 6B

Zugroute der Vögel



1) Warum ziehen die Vögel überhaupt? Gib in wenigen Sätzen eine Begründung an.

2) Ordne die Vögel nach ihrer Flugweite an.

3) Vervollständige:

- a) Der Storch fliegt ungefähr _____ km weit.
b) Der Star fliegt ungefähr _____ km weit.



VORTEST



Liebe Schülerinnen und Schüler,

zur Vorbereitung zu der Studie, die wir zusammen durchführen, möchte ich euch bitten diesen Test auszufüllen. Dabei wollen wir herausfinden, ob ihr schon einige Diagramme lesen könnt, was ihr schon über Vögel wisst und noch ein paar andere Sachen, die uns interessieren.

Du musst keine Angst haben! Weder deine Lehrer und Lehrerinnen noch deine Mitschüler und Mitschülerinnen erfahren, wie du geantwortet hast.

Es ist wichtig, dass du immer denselben Code (ID) angibst, damit wir die Tests untereinander richtig zuordnen können. Dabei wissen wir nicht, dass genau du ihn ausgefüllt hast.

Der Code setzt sich wie folgt zusammen:

Die ersten beiden Stellen bekommst du von uns. (z.B. **RA**)

Dritte Stelle: 1. Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (z.B. **C** von **Christa**)

Vierte Stelle: 1. Buchstabe des Vornamens deines Papa (z.B. **B** von **Bernd**)

Fünfte Stelle: **M**, wenn du männlich bist. **W**, wenn du weiblich bist. (z.B. **W** für)

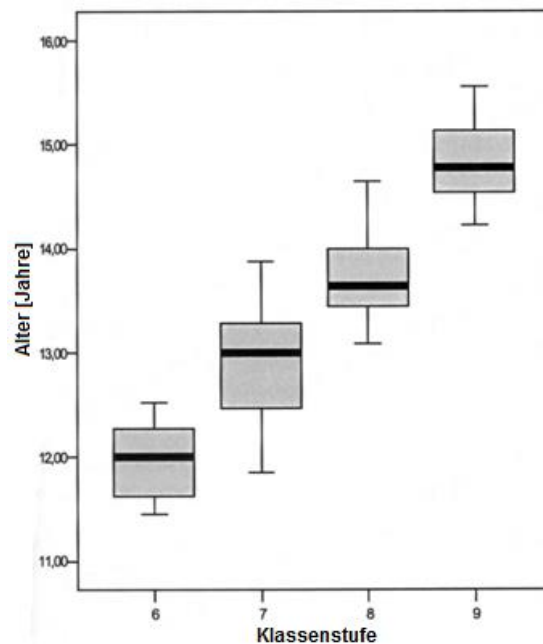
Sechste Stelle: Dein Geburtstag (z.B. **22** von **22.04.**)

Beispiel- ID **RACBW22**

ID:

Aufgabe 1

Diese Abbildung zeigt das Alter von Schülern und Schülerinnen und ihre Klassenstufe.

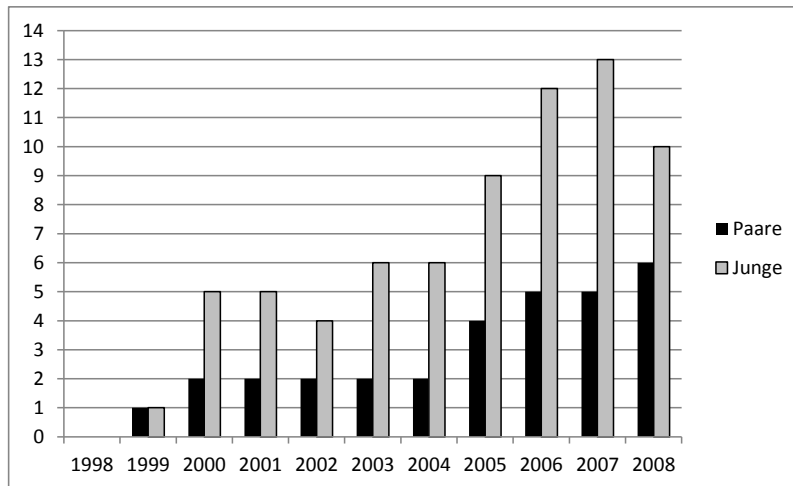


Fragen:

1.1	Wie alt sind Schüler der 7. Klasse im Durchschnitt? Gib eine Zahl an:		Jahre
1.2	Welche der folgenden Aussagen „passt“ zum Diagramm. Kreuze an.	stimmt nicht	stimmt
	Je älter die Schüler, desto größer sind sie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Je höher die Klassenstufe, desto älter sind die Schüler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Schüler der Klasse 9 sind immer älter als Schüler der Klasse 8.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Schüler der Klasse 6 sind immer jünger als Schüler der Klasse 8.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.3	Schätze. Wie alt sind in etwa Schüler der 10. Klasse? Gib eine Zahl an:		Jahre
1.4	Kreuze an, was richtig ist.		
	Schüler in der Pubertät sind immer...	Nein	Ja
	... größer als die anderen, die nicht in der Pubertät sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	... älter als die anderen, die nicht in der Pubertät sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	... in einer höheren Klassenstufe als die anderen, die nicht in der Pubertät sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Aufgabe 2

Dieses Diagramm zeigt dir, wie viele Paare Wanderfalken in München gebrütet haben.
Die Zahl der Jungen zeigt an, wie viel Nachwuchs (Kinder) diese Paare großgezogen haben.

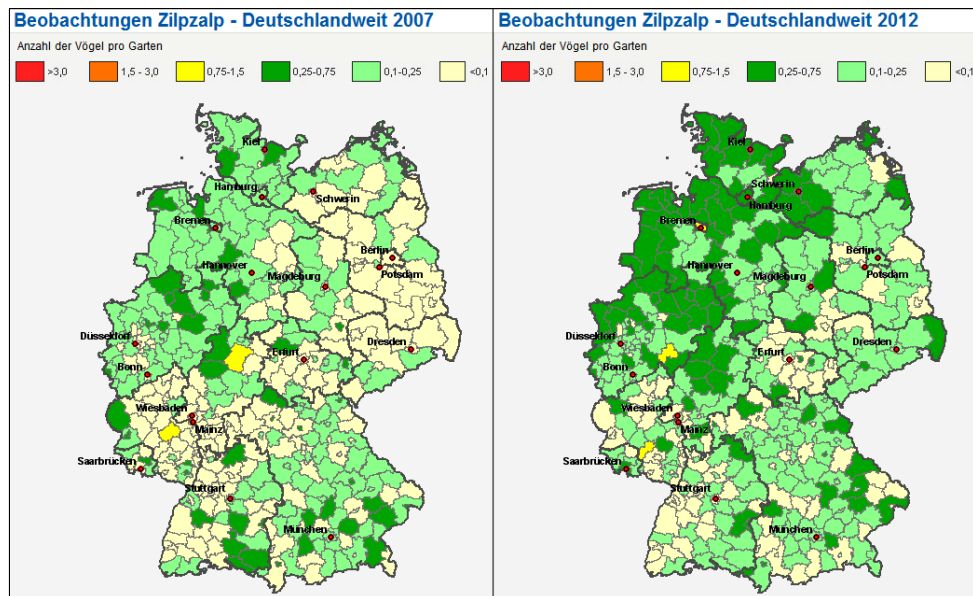


Fragen:

Kreuze die richtigen Aussagen an:		Nein	Ja	Weiß nicht
2.1	2006 gab es doppelt so viele Junge wie Paare	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.2	Die Jungfalken haben in den Jahren 1999-2000 stärker zugenommen als die Paare.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.3	Die Paare haben in den Jahren 1999-2001 stärker zugenommen als die Jungfalken.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.4	Jedes Paar hatte 2006 durchschnittlich zwei Junge.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.5	Im Jahr 2007 hatte jedes Paar durchschnittlich mehr Junge als im Jahr 2006.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.6	Im Jahr 2008 gab es fünf Paare.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.7	Die Zahl der Paare stieg kontinuierlich an, die Zahl der Jungvögel ebenso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.8	Die Zahl der Paare steigt bis zum Jahr 2015 immer weiter an.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.9	Die Zahl der Jungen nimmt bis zum Jahr 2011 ständig ab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.10	2008 gab es insgesamt 22 Wanderfalken in München	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Aufgabe 3

Zilpzalp – wo und wie oft gibt's den Zilpzalp in Deutschland?

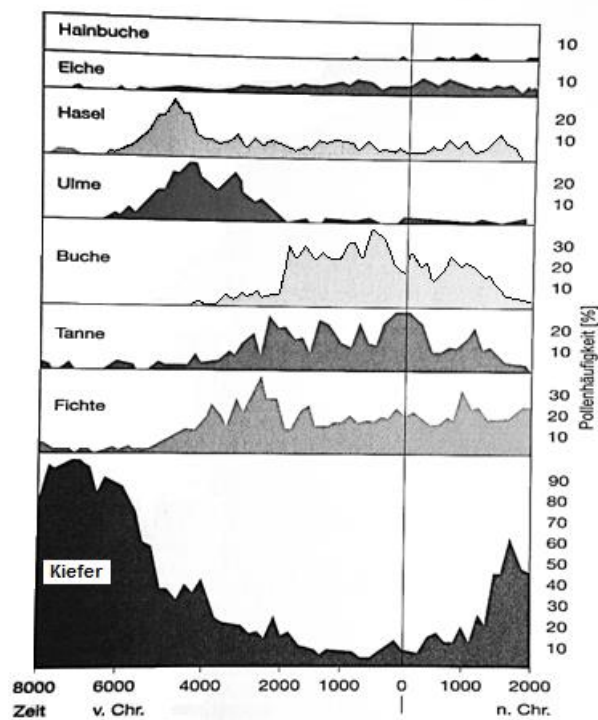


Fragen:

3.1	2012 wurden im Norden mehr Zilpzalps gezählt als im Süden.					Kreuze an:	<input type="radio"/> Nein	<input type="radio"/> Ja
3.2	Wie viele Zilpzalps wurden in Kiel im Jahr 2012 durchschnittlich gezählt? Kreuze die richtige Antwort an:							
	mehr als 3,0	1,5 bis 3,0	0,75 bis 1,5	0,25 bis 0,75	0,1 bis 0,25	Weniger als 0,1		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
3.3	2007 gab es im Norden Deutschlands mehr Zilpzalps als 2012.					Kreuze an:	<input type="radio"/> Nein	<input type="radio"/> Ja
3.4	Wird es 2015 mehr Zilpzalps geben als 2012? Kreuze an, was du vermutest.							
		<input type="radio"/>	Ja, es wird mehr geben.					
<input type="radio"/>		Nein, es wird weniger geben.						
<input type="radio"/>		Nein, es bleiben gleich viele.						
<input type="radio"/>		Kann man nicht sicher sagen.						
3.5	Im Norden gibt es mehr Zilpzalps als im Süden, weil					Falsch	Richtig	
	Kreuze an:	... es dort mehr Vogelbeobachter gibt				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		... es dort mehr Gärten gibt				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		... weil es dort ein besseres Klima gibt.				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		Keine dieser Antworten ist richtig.				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Aufgabe 4

Waldzusammensetzung in Deutschland



Fragen:

Kreuze die richtigen Aussagen an:		Nein	Ja	Weiß nicht
4.1	Es gab im Jahr 0 am meisten Tannen in Deutschland.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.2	2000 vor Christus gab es mehr Kiefern als Eichen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.3	Über die Zeit hinweg hat der Tannenbestand immer zugenommen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.4	Die Bestände von Hasel und Ulme haben sich grob betrachtet in etwa gleich entwickelt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.5	Der Bestand an Buchen hat nur deshalb zugenommen, weil der Bestand an Ulmen abgenommen hat.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.6	Im Jahr 8000 n. Chr gibt es wieder so viele Kiefern wie im Jahr 8000 vor Christus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.7	Die Häufigkeit von Waldbäumen änderte sich,...	Nein	Ja	Weiß nicht
	...weil sich das Klima geändert hat.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	...weil der Mensch andere Bäume anpflanzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	...weil andere Vogelarten eingewandert sind, die die Samen verbreiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Nun bekommst du verschiedene Aufgaben rund um das Thema Vögel. Es ist für uns wichtig, dass du diese Fragen so gut ausfüllst, wie du kannst. Bitte beantworte die Fragen alleine. Du musst keine Angst haben! Weder deine Lehrer und Lehrerinnen noch deine Mitschüler und Mitschülerinnen erfahren, wie du geantwortet hast.

Aufgabe 1	
Welche der folgenden Aussagen trifft zu?	
<input type="radio"/>	Beim Vogelzug treffen Männchen und Weibchen zeitgleich im Brutgebiet ein.
<input type="radio"/>	Beim Vogelzug treffen Männchen vor den Weibchen ein
<input type="radio"/>	Beim Vogelzug treffen Weibchen vor den Männchen ein.
<input type="radio"/>	Beim Vogelzug treffen in manchen Jahren die Weibchen vor den Männchen ein, in anderen Jahren ist es umgekehrt

Aufgabe 2	
Wo überwintern die Vögel?	
Vervollständige die Tabelle mit folgenden möglichen Winterquartieren:	
Spanien	Ostafrika (Tansania)
Nordafrika (Marokko)	Südafrika
Vogelart	Winterquartier
Star	
Hausrotschwanz	
Rauchschwalbe	
Weißstorch	

Aufgabe 3	
Ordne diese vier Vogelarten nach ihrer Zugstrecke:	
Star	Hausrotschwanz
Weißstorch	Rauchschwalbe
Vogelart	Zugstrecke
	längste Zugstrecke
	zweitlängste Zugstrecke
	zweit kürzeste Zugstrecke
	kürzeste Zugstrecke

Aufgabe 4	
Bei Vögeln unterscheidet man zwischen Zugunruhe (im Käfig) und ihrer Zugstrecke. Welcher Zusammenhang besteht zwischen beiden?	

Aufgabe 5	
Ordne diese drei Vogelarten in Bezug auf ihre Fähigkeit zu gleiten, beginnend bei dem Vogel mit kürzestem Gleitflug.	
Albatros	Taube Weißstorch
Vogelart	
1.	
2.	
3.	

Aufgabe 6	
Welche der folgenden Aussagen trifft zu?	
In den letzten 50 Jahren ...	
<input type="radio"/>	nimmt der Weißstorchbestand kontinuierlich zu.
<input type="radio"/>	nimmt der Weißstorchbestand kontinuierlich ab.
<input type="radio"/>	bleibt der Weißstorchbestand gleich.
<input type="radio"/>	hat der Weißstorchbestand zuerst abgenommen, dann wieder zugenommen.
<input type="radio"/>	hat der Weißstorchbestand zuerst zugenommen, dann wieder abgenommen.

Aufgabe 7	
Bringe diese drei Vogelarten in die richtige Reihenfolge in Bezug auf ihre Fluggeschwindigkeit, beginnend bei dem schnellsten.	
Mauersegler	Buchfink Regenpfeifer
Vogelart	
1.	
2.	
3.	

Nun möchten wir gerne etwas über dich und deine Einstellung gegenüber Biologie und Mathematik wissen. Bitte beantworte die Fragen ehrlich. Es gibt dabei kein richtig oder falsch. Nur deine Meinung zählt!

MO	Im Fach Biologie lerne und beteilige ich mich am Unterricht, ...	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	teils/teils	trifft eher zu	trifft völlig zu
01	weil die Unterrichtsinhalte meinen Neigungen entsprechen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
02	weil ich ein großes Interesse an den angebotenen Inhalten habe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
03	weil mir die Beschäftigung mit den Inhalten des Unterrichts Spaß macht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
04	weil es mir wichtig ist, ein umfangreiches Fachwissen zu besitzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
05	weil es mir wichtig ist, meine fachlichen Fähigkeiten immer mehr zu erweitern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
06	weil ich ein hohes Maß an Kompetenz (allgemein anerkannter Sachverstand) erreichen möchte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

SK/ TA	Denke an das Fach Mathematik im Allgemeinen	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	teils/teils	trifft eher zu	trifft völlig zu
01	Ich traue mir im Fach Mathematik viel zu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
02	Das Fach Mathematik fällt mir nicht schwer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
03	Ich denke, dass ich im Fach Mathematik immer alles schaffen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
04	Das Fach Mathematik liegt mir nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
05	Für das Fach Mathematik habe ich einfach keine Begabung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
06	Das Fach Mathematik werde ich nie richtig verstehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
07	Ich glaube, dass ich das Fach Mathematik nie durchschauen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
08	Das Fach Mathematik kann ich einfach nicht verstehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

VORTEST P

SK/ TA	Denke an das Fach Biologie im Allgemeinen	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	teils/teils	trifft eher zu	trifft völlig zu
01	Ich traue mir im Fach Biologie viel zu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
02	Das Fach Biologie fällt mir nicht schwer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
03	Ich denke, dass ich im Fach Biologie immer alles schaffen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
04	Das Fach Biologie liegt mir nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
05	Für das Fach Biologie habe ich einfach keine Begabung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
06	Das Fach Biologie werde ich nie richtig verstehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
07	Ich glaube, dass ich das Fach Biologie nie durchschauen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
08	Das Fach Biologie kann ich einfach nicht verstehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Inwieweit treffen die folgenden Aussagen auf dich zu? Ich...	trifft über- haupt nicht zu	trifft eher nicht zu	Weder/ noch	Eher zutref- fend	Trifft voll und ganz zu
E ...bin eher zurückhaltend, reserviert.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
A ...schenke anderen leicht Vertrauen, glaube an das Gute im Menschen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C ...bin bequem, neige zur Faulheit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
N ...bin entspannt, lasse mich durch Stress nicht aus der Ruhe bringen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O ...habe nur wenig künstlerisches Interesse.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
E ...gehe aus mir heraus, bin gesellig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A ...neige dazu, andere zu kritisieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C ...erledige Aufgaben gründlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
N ...werde leicht nervös und unsicher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O ...habe eine aktive Vorstellungskraft, bin phantasievoll.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Liebe Schülerinnen und Schüler,

der nächste Teil der Studie besteht wieder aus einem Test für euch. Dieser ist ähnlich zu dem von letzten Mal. Wir wollen dabei wissen, wie ihr jetzt mit den Diagrammen umgehen könnt und was ihr über Vögel gelernt habt.

Du musst keine Angst haben! Weder deine Lehrer und Lehrerinnen noch deine Mitschüler und Mitschülerinnen erfahren, wie du geantwortet hast.

Es ist wichtig, dass du immer denselben Code (ID) angibst wie im Vortest, damit wir die Tests richtig zuordnen können. Dabei zu wissen wir nicht, dass genau du ihn ausgefüllt hast.

Der Code setzt sich wie folgt zusammen:

Die ersten beiden Stellen bekommst du von uns. (z.B. RA)

Dritte Stelle: 1. Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (z.B. **C** von **Christa**)

Vierte Stelle: 1. Buchstabe des Vornamens deines Papa (z.B. **B** von **Bernd**)

Fünfte Stelle: M , wenn du männlich bist. W, wenn du weiblich bist. (z.B. **W** für Mädchen)

Sechste und siebte Stelle: Dein Geburtstag (z.B. **22** von **22.04.**)

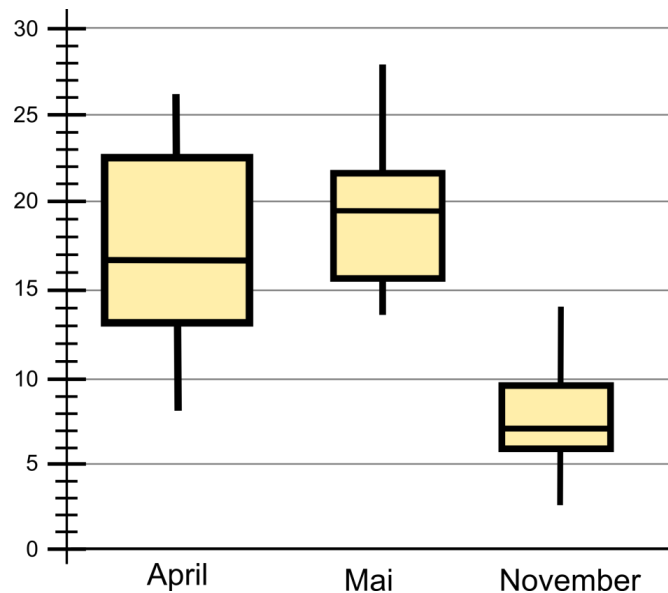
Beispiel- ID **RACBW22**

ID: _____

Nachtest K

Aufgabe 1

Wetter - der „launische“ April?

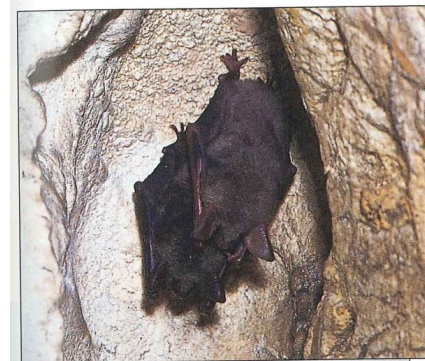
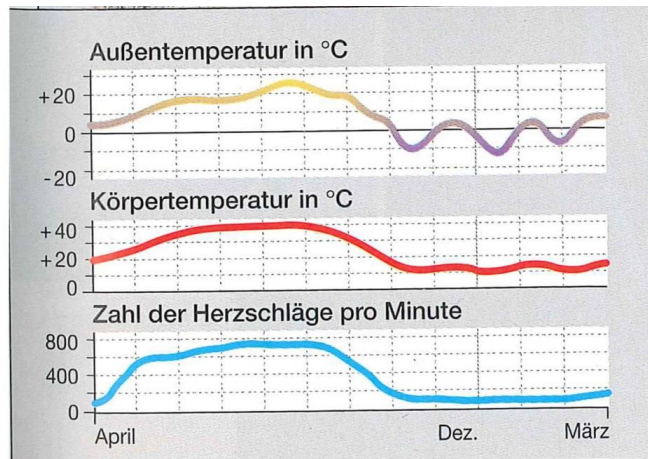


Fragen:

1.1	Wie warm ist es durchschnittlich im April?	Gib eine Temperatur an:	°C	
1.2	In welchem Monat sind die Temperaturschwankungen am größten?	Gib einen Monat an:		
1.3	Welche der folgenden Aussagen „passt“ zum Diagramm. Kreuze an.	Stimmt	Stimmt nicht	
	Alle Tage im April sind wärmer als ein beliebiger Novembertag.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Der wärmste Novembertag ist wärmer als der kälteste Tag im April.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Der Mai ist durchschnittlich wärmer als der April.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Die durchschnittlichen Temperaturschwankungen im April sind mehr als doppelt so groß als im November.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Den größten Temperaturunterschied gibt es im Mai.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1.4	Wenn man statt des Novembers den Dezember nehmen würde, wo würde der Boxplot von Dezember vermutlich liegen:			
	<input type="radio"/>	etwas weiter oben als der November-Boxplot		
	<input type="radio"/>	etwas weiter unten als der November-Boxplot		
	<input type="radio"/>	genauso wie der November-Boxplot		
1.5	Kreuze an, was richtig ist:	Stimmt	Stimmt nicht	
	<input type="radio"/>	Im Laufe eines Jahres wird es immer wärmer.		
	<input type="radio"/>	Die Temperaturschwankungen sind in jedem Monat gleich groß.		

Nachtest K

Aufgabe 2.a



Die Fledermaus – ein Winterschläfer

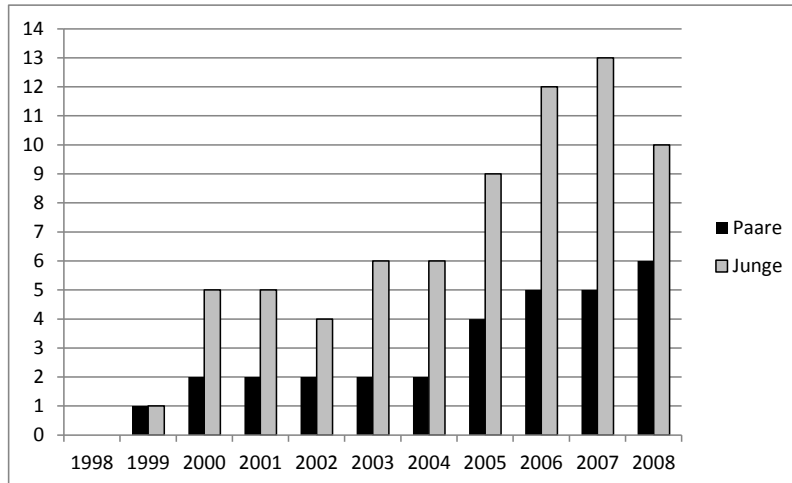
Fragen:

2.1	Wie hoch ist die Körpertemperatur der Fledermaus im Dezember ungefähr?	Gib eine Zahl an:	°C	
2.2	Wie hoch ist die Zahl der Herzschläge/pro Minute im Sommer ungefähr?	Gib eine Zahl an:		
2.3	Kreuze die richtigen Aussagen an.	Ja	Nein	Weiß nicht
	Im Sommer hat die Fledermaus eine Körpertemperatur von ca. 40°C	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Bei niedriger Außentemperatur ist auch Zahl der Herzschläge pro Minute gering.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Bei hoher Anzahl von Herzschlägen ist auch die Körpertemperatur hoch.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.4	Zum Winterschlaf - kreuze die richtigen Aussagen an.	Richtig	Falsch	Weiß nicht
	Der Winterschlaf beginnt im Dezember.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Der Winterschlaf endet im März.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Der Winterschlaf findet nur bei Minustemperaturen statt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Der Winterschlaf beginnt bei der höchsten Körpertemperatur.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Wenn die Zahl der Herzschläge pro Minute am niedrigsten ist, ist Winterschlaf.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Der Verlauf der Körpertemperatur und der Verlauf der Zahl der Herzschläge hängen miteinander zusammen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.5	Tiere wie die Fledermaus halten Winterschlaf, ...			
	<input type="radio"/> weil sie müde sind	<input type="radio"/> weil sie weniger essen müssen und sie im Winter weniger Nahrung finden	<input type="radio"/>	weil sie in der warmen Jahreszeit genug Bewegung hatten.

Nachtest K

Aufgabe 2b

Dieses Diagramm zeigt dir, wie viele Paare Wanderfalken in München gebrütet haben.
Die Zahl der Jungen zeigt an, wie viel Nachwuchs (Kinder) diese Paare großgezogen haben.



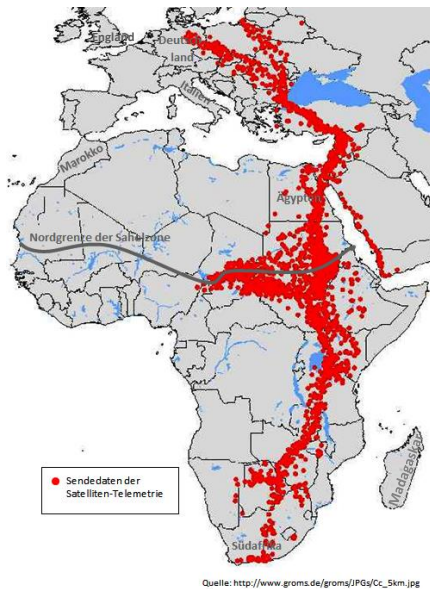
Fragen:

Kreuze die richtigen Aussagen an:		Nein	Ja	Weiß nicht
2.1	2006 gab es doppelt so viele Junge wie Paare	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.2	Die Jungfalken haben in den Jahren 1999-2000 stärker zugenommen als die Paare.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.3	Die Paare haben in den Jahren 1999-2001 stärker zugenommen als die Jungfalken.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.4	Jedes Paar hatte 2006 durchschnittlich zwei Junge.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.5	Im Jahr 2007 hatte jedes Paar durchschnittlich mehr Junge als im Jahr 2006.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.6	Im Jahr 2008 gab es fünf Paare.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.7	Die Zahl der Paare stieg kontinuierlich an, die Zahl der Jungvögel ebenso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.8	Die Zahl der Paare steigt bis zum Jahr 2015 immer weiter an.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.9	Die Zahl der Jungen nimmt bis zum Jahr 2011 ständig ab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.10	2008 gab es insgesamt 22 Wanderfalken in München	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Nachtest K

Aufgabe 3

Navigation der Zugvögel: Zugwege des Weißstorches



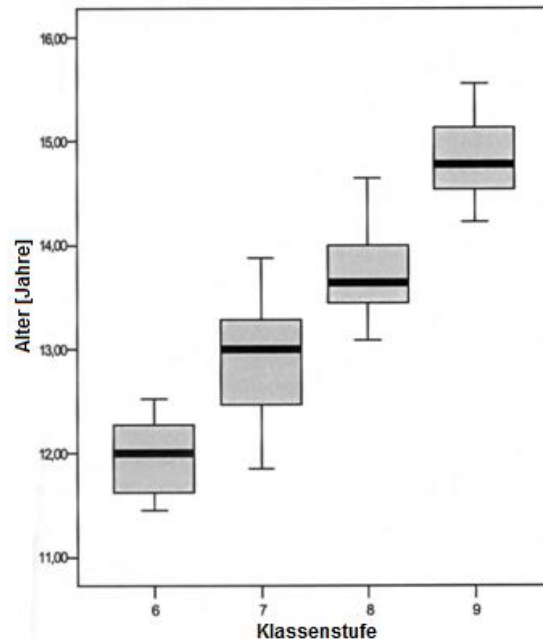
Fragen:

3.1	Wie viele Zugvögel fliegen nach England?	Gib eine Zahl an:		
3.2	In Südafrika überwintern mehr Störche als auf Madagaskar.	Kreuze an:		
			<input type="radio"/> Nein	<input type="radio"/> Ja
3.3	Kreuze die richtigen Aussagen an.	Stimmt	Stimmt nicht	Weiß Nicht
	Die Störche fliegen über Italien nach Afrika	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Viele Störche fliegen über Ägypten hinweg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Alle Störche überwintern in Südafrika	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Alle Störche fliegen gleichweit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Es gibt unterschiedliche Zugrouten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Störche nehmen den kürzesten Weg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.4	Störche ziehen in den Süden	Stimmt	Stimmt nicht	Weiß nicht
	weil es dort dann wärmer ist als in Deutschland.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	weil sie im Winter keine Nahrung in Deutschland finden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Und orientieren sich dabei am Magnetfeld der Erde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Und orientieren sich dabei an Landmarken, wie z.B. Bergen, Täler und Meerengen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Nachtest K

Aufgabe 4

Diese Abbildung zeigt das Alter von Schülern und Schülerinnen und ihre Klassenstufe.



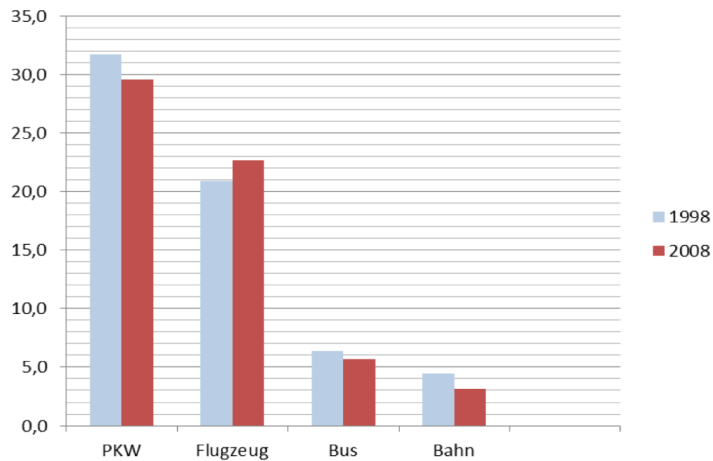
Fragen:

4.1	Wie alt sind Schüler der 7. Klasse im Durchschnitt? Gib eine Zahl an:		Jahre
4.2	Welche der folgenden Aussagen „passt“ zum Diagramm. Kreuze an.	stimmt nicht	stimmt
	Je älter die Schüler, desto größer sind sie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Je höher die Klassenstufe, desto älter sind die Schüler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Schüler der Klasse 9 sind immer älter als Schüler der Klasse 8.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Schüler der Klasse 6 sind immer jünger als Schüler der Klasse 8.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.3	Schätze. Wie alt sind in etwa Schüler der 10. Klasse? Gib eine Zahl an:		Jahre
4.4	Kreuze an, was richtig ist.		
	Schüler in der Pubertät sind immer...	Nein	Ja
	... größer als die anderen, die nicht in der Pubertät sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	... älter als die anderen, die nicht in der Pubertät sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
 in einer höheren Klassenstufe als die anderen, die nicht in der Pubertät sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Nachtest K

Aufgabe 5

Mio.
Reisende



Verkehrsmittelnutzung in den Urlaub (in Millionen)

Quelle: World Wildlife Fund

Fragen:

5.1	Wie viele Reisende fuhren 1998 mit der Bahn in den Urlaub?	Antwort:		
5.2	Wie groß war die Abnahme der Autoreisenden von 1998 nach 2008?	Antwort:		
5.3	Wie viele Mio. Reisende sind 1998 und 2008 durchschnittlich betrachtet mit dem Flugzeug geflogen?	O ≈ 22 Mio.	O ≈ 24 Mio.	
5.4	Richtig oder falsch?	Richtig	Falsch	Weiß nicht
	In den Jahren von 1998-2008 war die Zunahme an Flugreisenden so groß wie die Zunahme an Autoreisenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	In den Jahren von 1998-2008 war die Zunahme an Autoreisenden im Vergleich zu den anderen am schwächsten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Wenn es 1998 zehnmal so viele Autoreisende wie Bahnreisende gab, dann muss das 2008 auch so gewesen sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Der Bestand an Flugreisen hat zugenommen, weil der Bestand an Autoreisen abgenommen hat.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.5	Wenn die Zahl der Flugzeugreisenden 1998 fast 21 Mio. waren und 2008 23 Mio., ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	dann müssen es 2003 22 Mio. und 2013 24 Mio. gewesen sein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	dann kann man daraus die Zahlen von 2003 und 2013 nicht exakt berechnen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Transkriptionsregeln

<i>Aw1</i>	Kodes Interviewpartners: A: Schule; w / m: weiblich/männlich; 1: Nummerierung des Kindes
//	Sprechüberlappungen
/	Stocken, Satzabbruch, ohne Pause
(11s)	Zeitangabe für Sprechpause
(Text ?)	vermutete Sprechäußerung
[Text]	Ergänzung der Autorin